ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

БИБЛИОТЕКА ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА

ПРОФЕССОР
В. И. КОВАЛЕНКОВ

НАСТОЯЩИЕ и БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ТЕЛЕФОНИИ

ОДОБРЕНО
ТЕХНИЧЕСКИМ
КОМИТЕТОМ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА • • • • • 1926 • • • • • МОСКВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА.
Красная площадь, 2-й Дом Реввоенсовета СССР, подъезд № 1.

ЛЕНИНГРАД.
(Отделение).
Проспект 25 Октября, д. № 20.

Адрес для телеграмм: ***Москва—Военгиз.***

Новейшая литература по радиоэлектротехнике.

	ЦЕНА.
Я. Файвуш. — Радиотехника, ее достижения и практическое применение. 64 стр.	— р. 40 к.
А. Файвуш и В. Аррисон. — Радио-телемеханика. С 22 рис. и чертеж. в тексте. 44 стр.	— „ 30 „
М. Мархилевич и А. Куланов. — Как предсказать погоду по радио. С прилож. карты и 2-х схем. 30 стр.	— „ 15 „
Г. Васновский. — Руководство по электротехнике. С 74 чертеж. в тексте. 44 стр. Одобр. Инсп. войск связи РККА. 104 стр.	1 „ — „
Гусев, А. — Телеграф и телефон. Пособие для практич. занятий. 3-е изд. Одобр. ВТУ. С 242 рис. 212 стр.	1 „ 20 „
Ганс Дерстроф. — Что каждый должен знать о радио	— „ 50 „

Популярная литература по химии.

	ЦЕНА.
Боевые газы. Отдел курса прикладных знаний франц. воен. школ. С официальн. франц. издания	— р. 25 к.
Гейер. — Химическая война. Из сборн. под ред. Шварте „Великая война 1914—18 г.г."	— „ 25 „
Проф. **В. Глинчиков.** — Клиника и терапия газоотравленных. С предисл. Нач. Главн. Воен. Сан. Управления З. П. Соловьева	— „ 50 „
Защита от газов. Перев. с офиц. франц. наставления	— „ 25 „
Средства газовой борьбы и защита от газов. Перев. с нем. из труда Шварте „Техника в мировой войне"	— „ 15 „
Яцук, Н. — Авиация и химия	— „ 15 „
Шарль Мурре. — Химия и война, наука и будущее	1 „ 20 „
Эд. С. Фарроу. — Газовая война, перев. с англ. под ред. А. Дзерзиковича и А. Таубе и с предисловием Е. Деньгина	1 „ — „
Фишман, Я. — Газовая война, ч. I-я. Технология и применение отравляющих веществ, 2-е изд.	2 „ — „
Смысловский и Баташов. — Военно-химическое дело	— „ 10 „
Фрайс и Вест. — Химическая война. 2-е изд.	2 „ — „
А. В. Сыромятников. — Тактическое применение химических средств в бою. 110 стр.	— „ 35 „
Мещеряков, Н. — Химическая война. С предислов. акад. В. Н. Ипатьева. 63 стр.	— „ 20 „
А. Лигнау. — Военно-химическое дело в пехоте. 160 стр	— „ 80 „

IV.J.213

СССР

ПРОЛЕТАРИИ ВСЕХ СТРАН, СОЕДИНЯЙТЕСЬ!

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ.
БИБЛИОТЕКА ТЕХНИЧЕСКОГО КОМИТЕТА

ПРОФЕССОР
В. И. КОВАЛЕНКОВ

НАСТОЯЩИЕ и БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ТЕЛЕФОНИИ

С 91 ЧЕРТЕЖЕМ В ТЕКСТЕ

ОДОБРЕНО
ТЕХНИЧЕСКИМ КОМИТЕТОМ

СССР
ИНСТИТУТ
К. Маркса и Ф. Энгельса
Ц. И. Н.

1926

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ВОЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ВОЕННОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО
№ 1469.
Тираж 5000.

347494

Ленинградский Гублит № 770.

Типография Изд. Сев.-Зап. Промбюро ВСНХ. Ленинград, Тучкова наб., 2.

Настоящий труд Валентином Ивановичем Коваленковым доложен впервые на съезде комполитсостава войск связи в ноябре месяце прошлого года.

Та популярность и живость изложения, с которой автор анализирует состояние телефонии, дают возможность легко усвоить сущность вопроса.

Промышленность, при производстве отдельных элементов и деталей тех или иных приборов связи, до последнего времени шла ощупью. В производстве не было научного подхода. Анализ и расчетные данные отсутствовали, например: магниты, применяемые в телефонии и даже телеграфии, индукционные катушки и т. п., все это не расчитывалось, не имело под собой теоретического обоснования. Производство шло по пути точного копирования. И никто никогда не задумывался над тем, а почему, вот, в телефонной трубке применяется магнит именно вот этакой формы, а не другой; или: почему в аппарате Морзе электромагниты такой формы и размера, а не иной.

Так обстоит дело не только в нашей отечественной промышленности, но и на Западе. Научные изыскания, производимые за последние годы в области этих „мелочей", дают несколько иные результаты, чем принято было думать.

Отличительной чертой данного труда является то, что в нем красной нитью проходит: во-первых, что научная работа наших лабораторий не должна быть обособленной от заводов, производящих приборы связи; во-вторых, что только коллективное творчество может дать максимум результатов в изыскательной работе; в третьих, что не может быть обособленности в изыскательском творчестве научных работников трех областей связи: телеграфии, телефонии и радио;

первое дополняет второе, и оба вместе отображаются в третьем; в четвертых—больше внимания к „мелочам", к деталям.

Технический Комитет Военно-Технического Управления считает, что данный труд явится весьма полезным пособием при ознакомлении в широком масштабе с ближайшими задачами телефонии.

Управляющий Делами Технического
Комитета ВТУ *Н. Коростылев.*

ВВЕДЕНИЕ.

Исключительное по интересу время переживаем мы. Перед нами развиваются две величайшие в мире революции: революция в науке и революция политическая. И та и другая глубоко потрясли устои прежнего миросозерцания и на развалинах разрушенного создают величественное здание новой науки, новой жизни. Но не об этих революциях я собираюсь говорить, задача моя более скромная,— я коснусь лишь небольшой области техники, области телесношений, которая, являясь одной из сторон стремительно развивающейся жизни, не могла оставаться в стороне от мощных потрясений, пережитых нами в области научной, технической и политической. Революция захватила и эту область и в этой области произвела коренные изменения, породила новые вопросы и указала пути к их разрешению.

Далеко ли то время, когда телеграфия и телефония стояли обособленные, мало соприкасаясь между собою, мало интересуясь делами друг друга; а поверх их—еще молодая, сказочно быстро развивающаяся и покровительственно относящаяся к своим старым собратьям радиосвязь. Тогда было ясно, все просто, области каждой связи резко очерчены,— это мое, это все твое.

Всего несколько лет прошло, и как все изменилось! Перегородки рухнули, интересы переплелись, возникли и возникают новые задачи, методы обобщаются,—вместо резко огороженных областей связи, все яснее и яснее выявляется связь, как нечто целостное, общее, единое. И, подобно революции политической, революция в телесвязи крепнет и ширится на основе глубокого научного фундамента. Время суждений на глазок прошло и не вернется. Наука везде и во всем. Научный анализ глубоко врезается в давно привычные и, казалось бы, незыблемые положения, корректирует их, исправляет, дополняет, заменяет новыми.

В истории развития русской телефонной науки особенное значение будут иметь последние годы, годы нашей оторванности от заграницы, годы изоляции нашей Республики, годы самостоятельной научно-творческой работы рус-

ских техников и ученых. У нас, у значительного числа русских техников,—ослепление перед заграницей, совсем нет уверенности в своих силах и в своих мозгах. Все, что сделано заграницей,—хорошо; все что сделано у нас, вызывает сомнения. Хорошо только то из наших работ, что получило благословение за-границей. Имея в руках заграничный продукт, мы стараемся во что бы то ни стало отыскать его хорошие качества; имея в руках продукт нашего производства, мы стараемся во что бы то ни стало отыскать его плохие качества. Все заграничное хорошо, все наше русское в лучшем случае удовлетворительно.

Годы изоляции невольным образом произвели экзамен нашим силам, нашей способности к самостоятельному научному анализу и творчеству.

И мы выдержали этот экзамен.

С каким нетерпением ждали мы иностранной технической литературы. Мы ожидали узнать ошеломляющие новости. Нам казалось, что мы неизмеримо отстали от наших заграничных товарищей.

Но вот открылись границы, мы получили журналы,—и что же?

Оказалось, что в области телефонии заграницей не было сделано ничего, что не получило бы самостоятельного решения у нас, в Союзе. Разница лишь в практическом осуществлении тех или иных задач. В то время, как такие вопросы, как телефонные трансляции, электрофильтры, телефонирование быстропеременными токами, переход от беспроволочного телефонирования к проволочному и обратно, давно у нас разрешенные, только за последнее время выходят из стен лаборатории,—заграницей они уже привились в практической жизни и получили самое широкое распространение. Это не вина телефонных техников, это следствие того переходного периода, который мы переживаем.

Вторая отличительная черта последнего времени,—переход от индивидуального творчества к творчеству коллективному.

Съезды работников связи Н. К. П. С., Н. К. П. Т., военного ведомства—показали, что, наряду с большими задачами, в роде перечисленных выше, существует громадное число задач на первый взгляд скромных, не бросающихся в глаза, но, тем не менее, весьма важных при практической работе. Этот анализ монотонной, будничной работы открывает перед нами необъятное поле для научной работы. Он учит нас находить интересное, захватывающее в нашей повседневной работе, вносит поэзию творчества в нашу будничную работу.

Эта коллективная работа съездов выявила настоятельную необходимость спайки науки с производством, науки с повседневной технической работой.

До самого последнего времени научная работа лабораторий и работа заводов, производящих приборы связи, шли обособленно, мало соприкасаясь между собою. Научные лаборатории изыскивали особо интересные и особо важные темы; заводы находили, что с такими приборами, как телефон, микрофон, индукционная катушка и т. п. мелочью, они справятся и сами, без помощи лабораторий. С одной стороны, витание в облаках мировой важности вопросов, с другой, — чрезмерная самоуверенность при конструировании перечисленной мелочи. Образовалась пропасть между производством и наукой, пропасть, глубоко сказывающаяся как на работе заводов, так и на работе научных лабораторий.

Как разрабатываются на заводах отдельные части телефонных установок, образцы перечисленных мелочей? Исключительно путем подбора. Устроим так—плохо; попробуем катушку перемотать иначе — лучше; изменим несколько форму той или другой части прибора—еще лучше и т. д.; наука в этой работе играет весьма слабую роль, в основе один эмпирический подбор. Случайность в такой работе играет громадную роль. Иной раз случайно приходишь к правильному решению; иной раз годами пользуешься безграмотным прибором.

С другой стороны, и наука, коснувшись таких мелочей, как телефонная трубка или индукционная катушка, убедилась, что анализ их совсем не такая простая вещь, что этой мелочью заняться стоит; что научный анализ этих мелочей естественно может привести к решению и весьма больших вопросов.

Эта оторванность науки и заводов в настоящее время осознана как у нас, так и заграницей. Заграницей при заводах организуют громаднейшие лаборатории, приглашают на службу виднейших ученых, тратят на научно-лабораторные работы громаднейшие средства. И все затраты с лихвой окупаются. Капиталистическое предприятие гроша не истратит на дело, ему убыточное. Одна явная выгода заставляет такие предприятия, как Телефонная Западная Компания в Америке, строить под лабораторию тридцати-этажное здание и приглашать тысячи научных сотрудников. У нас нет таких средств, как у Америки, подобный масштаб нам пока не под силу. Но что можем, то мы делаем. Научно-Технический Отдел В. С. Н. Х. содержит ряд лабораторий, работающих в самом тесном контакте с соответствующими заводами. Помимо этих лабораторий, сами заводы начинают обзаводиться лабораториями. Трест заводов слабого тока, производящий предметы связи, делает попытку объединить вокруг себя все лаборатории, работающие в области связи.

Мы уже сдвинулись с мертвой точки, мы уже поняли, что без спайки науки и заводов не может быть нормального развития производства. И дело сближения науки и заводов на верном пути.

Не достаточно еще выяснен вопрос о спайке повседневной эксплоатационной работы с наукой. На необъятном пространстве Республики Советов работают десятки тысяч тружеников электросвязи. Работа происходит зачастую в самых неблагоприятных условиях, в глухих уголках, при полной оторванности от работы центров. В процессе этой громадной по практическому значению, хотя и не бросающейся в глаза работы, возникает масса вопросов, в большинстве так и остающихся вопросами; разрабатываются иногда весьма интересные решения, погибающие в неизвестности; изобретаются весьма интересные приборы, о которых никогда никто, кроме изобретателя, и не узнает....

Сколько напрасно, в пустую растрачивается сил; сколько остается неиспользованных решений.

Съезды только смягчают, разрежают, но полностью не устраняют эту ненормальность. Ненормальность эта исчезнет при спайке тружеников связи с лабораториями. И почин в этом направлении должен быть сделан самими техниками связи. Лаборатории ищут связи и охотно пойдут на нее, но лаборатория лишена фактической возможности знать всех, интересующихся ее работой, и устанавливать с ними связь. Всякий, желающий работать в контакте с той или другой лабораторией, должен сам сделать первый шаг.

В настоящем собрании я выступаю, как представитель Ленинградской Экспериментально-Электротехнической Лаборатории (Ленинград, Госпитальная ул., д. 3), работающей по преимуществу в области электросвязи, и от ее лица я предлагаю всем работать в самом тесном контакте. Обращайтесь к нам со всеми вопросами, которые возникнут у вас, не смущаясь кажущейся малостью вопроса,—ни один ваш вопрос не останется без ответа. Наша общая совместная коллективная работа даст Республике неизмеримо больше, чем одиночная, разобщенная работа наша и ваша.

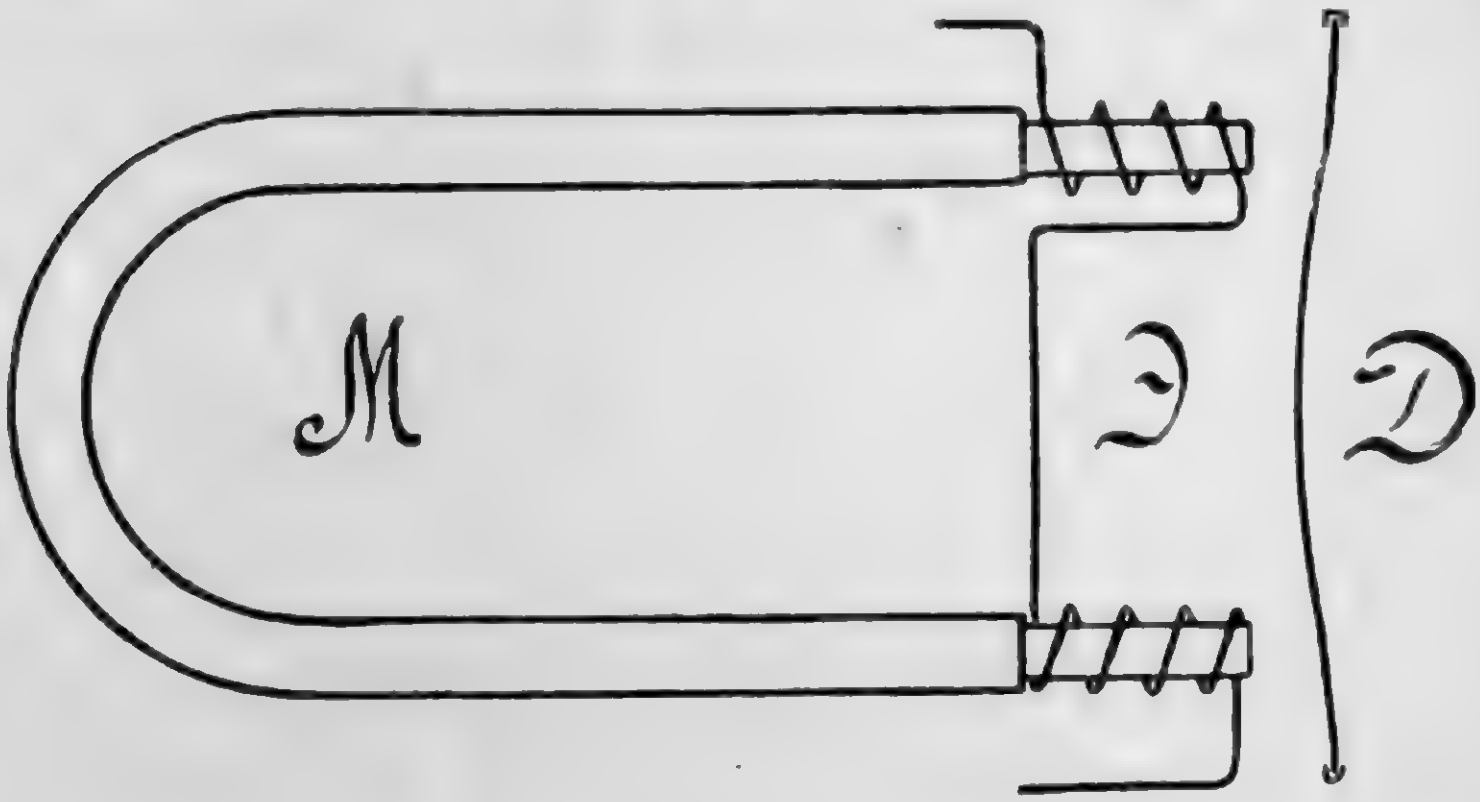
Возьмем теперь самый простой, привычный для всех прибор, например, телефонную трубку. Достаточно-ли понятен нам этот прибор? Стоит-ли тратить время на его дальнейшую разработку и анализ? Попробуем разобраться в этих вопросах.

Телефонная трубка.

Телефон, как известно, состоит из трех основных частей: постоянного магнита M, электромагнитов $Э$ и мембраны $Д$ (черт. 1).

Для чего нужен постоянный магнит в телефонной трубке?

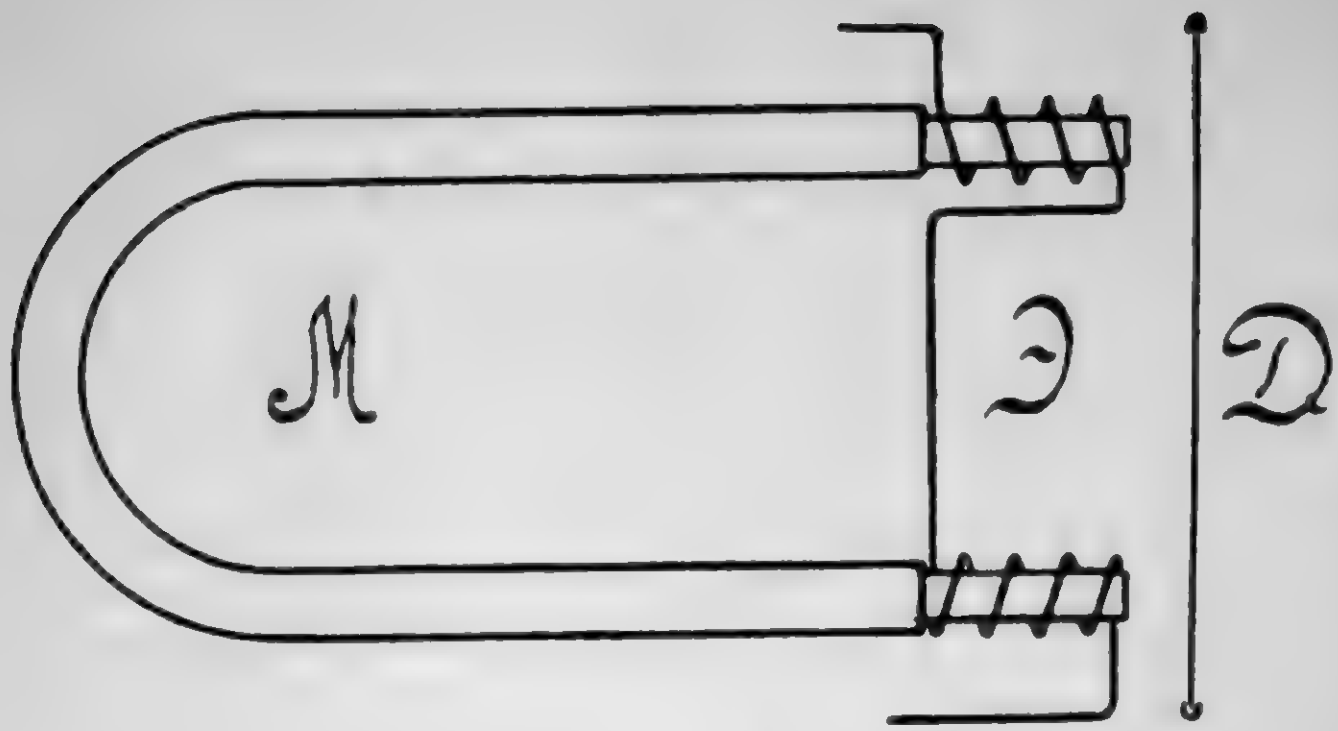
Мы знаем, что сила притяжения магнита пропорциональна квадрату магнитного потока. Обозначим магнитный поток постоянного магнита через M, магнитный поток, образуемый



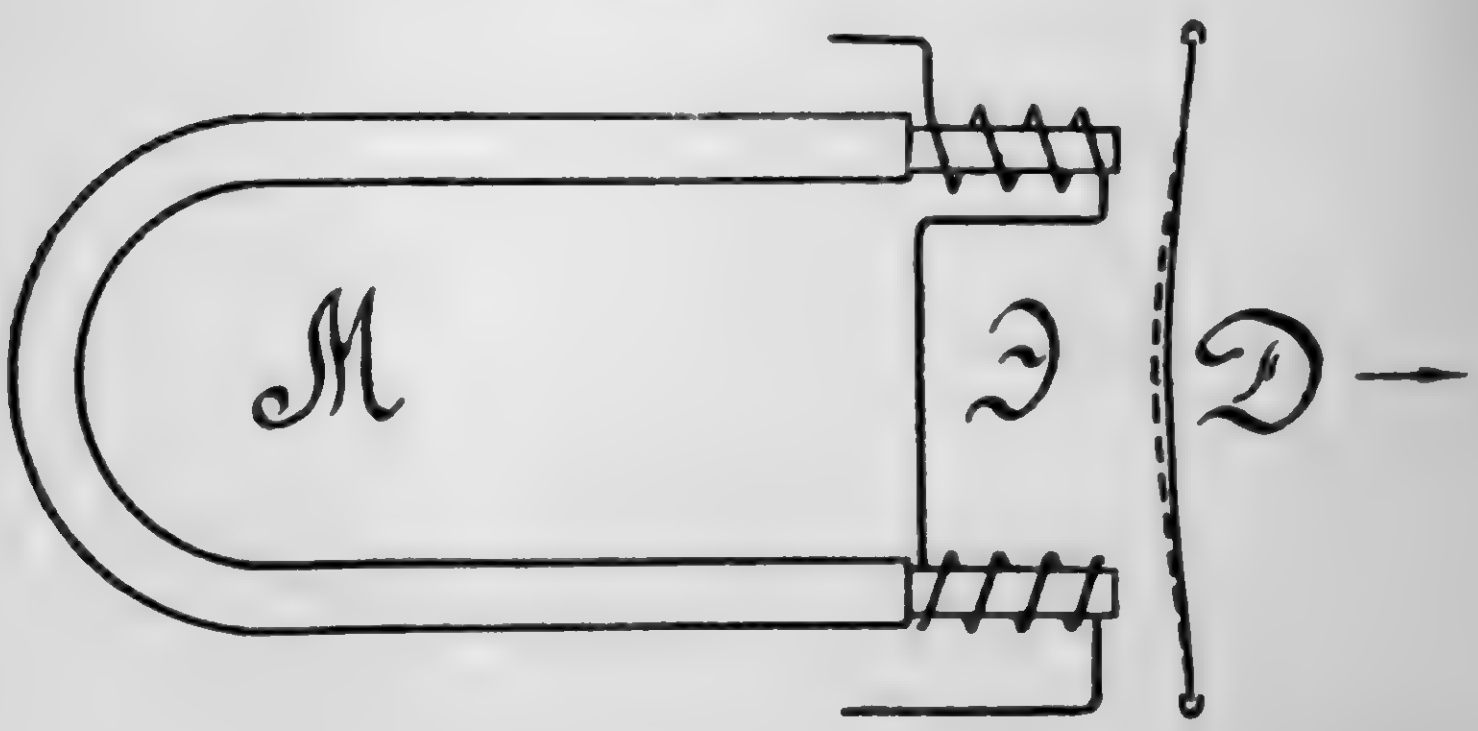
Черт. 1.

телефонным током, проходящим через электромагниты $Э$, через m и коэффициент пропорциональности через $к$. Пока телефонного тока нет, мембрана $Д$ притягивается только постоянным магнитом; сила этого притяжения $Г_1$ равна $Г_1 = к M_2$; как только появится телефонный ток, образуется добавочный магнитный поток m, слагающийся с постоянным потоком M; общий магнитный поток будет $M + m$. Под влиянием этого общего магнитного потока развивается сила, притягивающая мембрану $Г_2$, равная $Г_2 = к(M+m)^2$. Под влиянием постоянного магнита, следовательно, под влиянием силы притяжения $Г_1$, мембрана $Д$ в покойном положении будет подтянута к электромагнитам $Э$, будет изогнута, как показано на черт. 2.

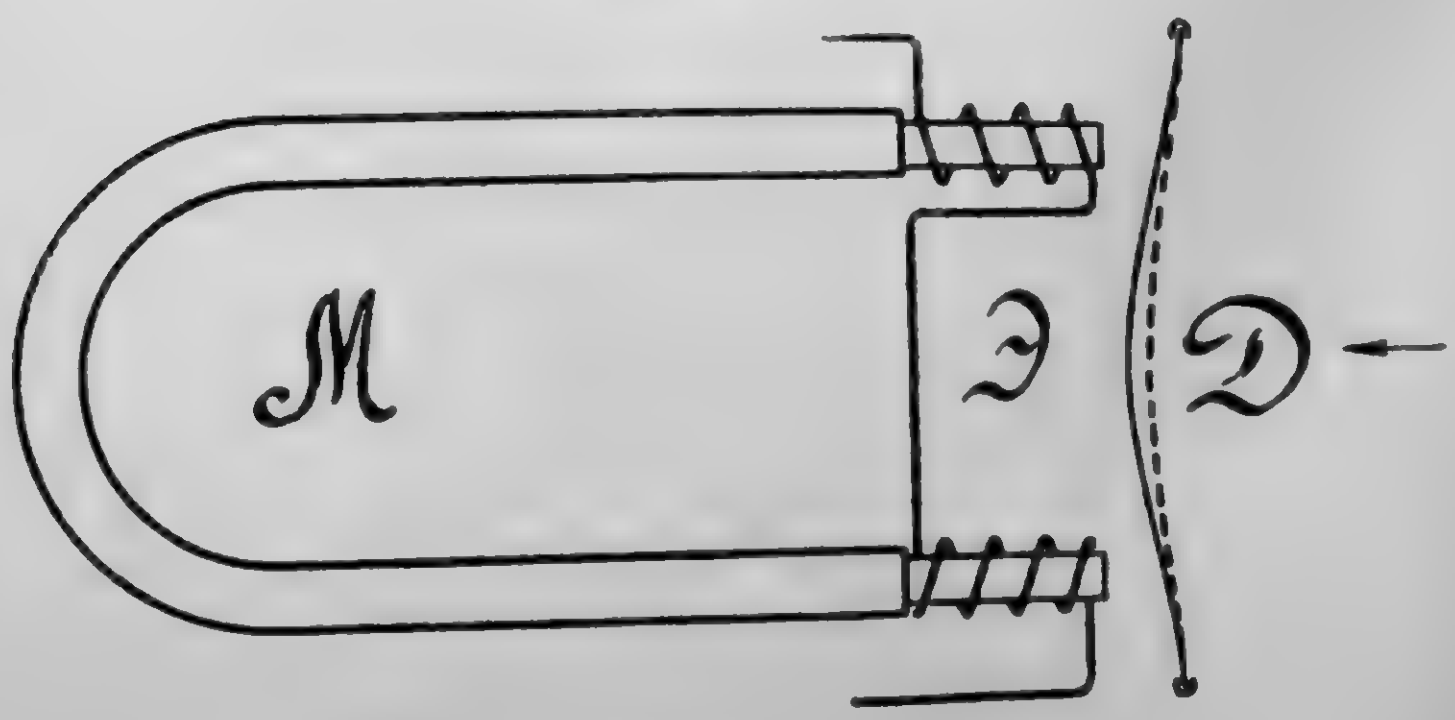
Телефонный ток, проходящий через обмотки электромагнитов $Э$, переменный ток. При одном направлении этого тока магнитный поток, им развиваемый, будет усиливать



Черт. 2.



Черт. 3.



Черт. 4.

магнитный поток постоянного магнита; при другом направлении, наоборот, будет ослаблять магнитный поток постоянного магнита. Когда постоянный поток усилится, тогда и притягивающая мембрану сила усилится; раньше она была $F_1 = \kappa M^2$, теперь $F_2 = \kappa (M + m)^2$. Под влиянием разности этих сил $F_2 - F_1 = F$ мембрана $Д$ еще более изогнется, как показано на черт. 3. Мы говорим в этом случае, что разность сил $F_2 - F_1 = I$ положительна. Если магнитный поток ослабится, то сила, подтягивающая мембрану, уменьшится; мембрана $Д$ не только не приблизится к электромагнитам $Э$, но даже удалится, как показано на черт. 4. В этом случае мы говорим, что разность сил $F_2 - F_1 = F$ будет отрицательна. Таким образом, под влиянием изменения разности сил I мембрана будет колебаться около своего среднего положения (черт. 3 и 4).

Разность сил

$$F = F_2 - F_1 = \kappa (M + m)^2 - \kappa M^2.$$

Раскрывая скобки, получим:

$$F = 2\kappa Mm + \kappa m_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

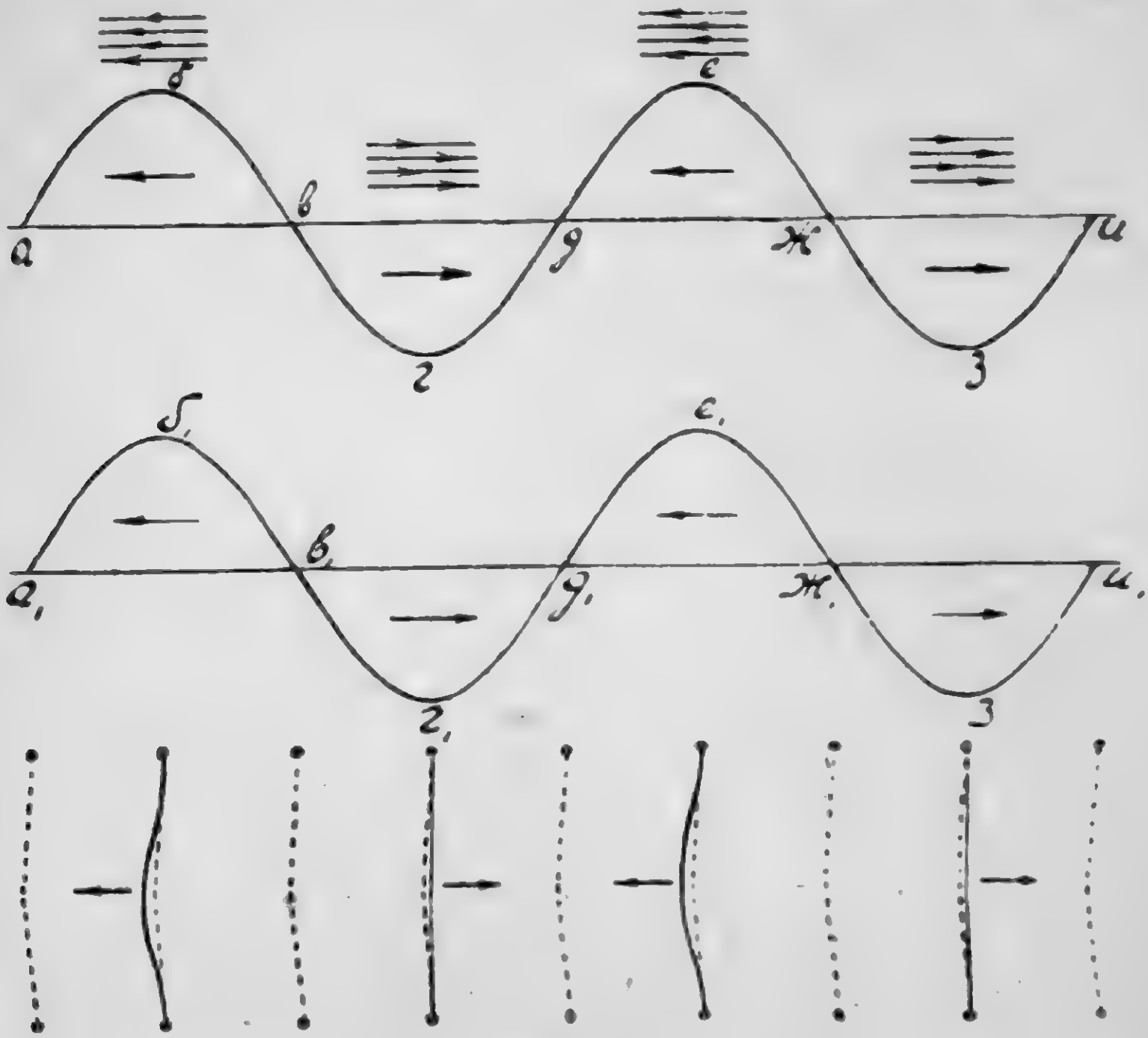
Рассмотрим несколько случаев, которые могут встретиться на практике.

1) Пусть постоянный магнитный поток M будет во много раз больше m, т. е. $M \ggg m$; это соответствует очень сильному постоянному магниту в телефоне. В этом случае влияние на работу телефона второго члена равенства (1) по сравнению с первым членом будет на столь мало, что практически его можно совсем не принимать во внимание. Если мы пренебрежем этим членом, то для разностной силы F получим следующее выражение:

$$F = 2\kappa Mm. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Это выражение показывает, что F будет иметь тот же знак, как и магнитный поток m, образующийся телефонным током. Если m положительно, то и F положительно; если m отрицательно, то и F отрицательно. Магнитный же поток m всегда имеет то же направление, как и телефонный ток. В те моменты, когда телефонный ток положителен, и магнитный поток m положителен, когда телефонный ток отрицателен, то и магнитный поток отрицателен. Пусть кривая *абвгдежзи* (черт. 5) представляет собою магнитный поток m (а следовательно, и телефонный ток). На участке *а б в* ток имеет направление справа налево; магнитный поток тоже имеет направление справа налево; на участке *в г д* ток имеет направление слева направо, и магнитный поток m имеет направление слева направо. На участке *а б в* ток в точке *а* нуль, и магнитный поток m в этой точке нуль; на

участке *а б* ток увеличивается, и магнитный поток *т* увеличивается; в точке *б* ток наибольший, и магнитный поток *т* наибольший; на участке *б в* ток уменьшается, и магнитный поток *т* уменьшается и т. д.; каждому изменению телефонного тока будет соответствовать изменение магнитного потока *т*. Формула же (2) показывает, что движущая мембрану *Д* сила *Г* пропорциональна *т*, т. е. будет меняться так же, как меняется *т*. Магнитный поток меняется по кривой *а б в г д е ж з и* (черт. 5); по совершенно такой же кривой



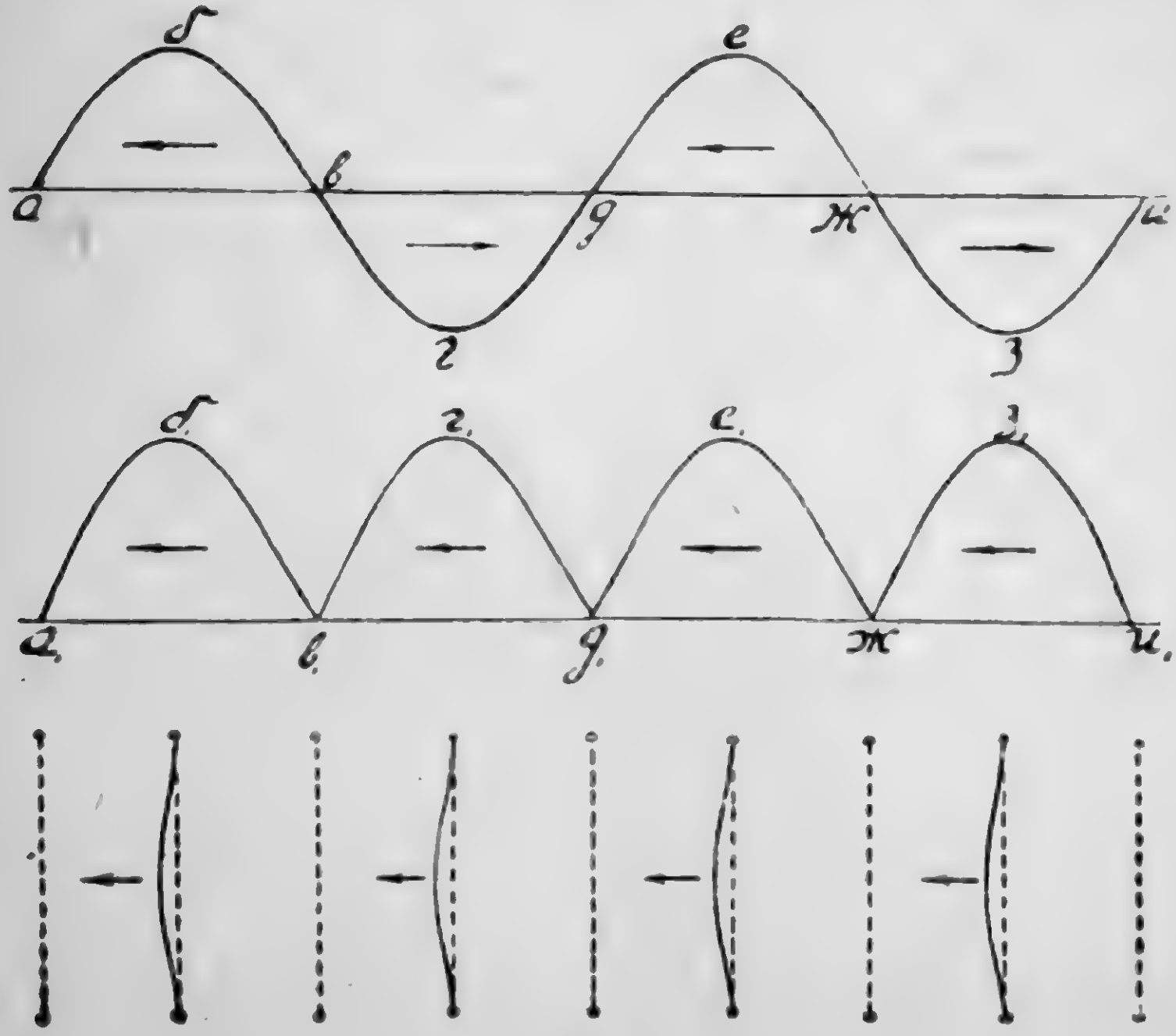
Черт. 5.

а б в г д е ж з и (черт. 5) будет меняться и сила, движущая мембрану приемного телефона. Эта сила будет то положительной (в те моменты, когда кривая над осью—участки *а б в* и *д е ж*), то отрицательной (в те моменты, когда кривая над осью—участки *в г д* и *ж з и*). Когда сила *Г* положительна, то, как показывает нижняя фигура черт. 5, мембрана *Д* будет подтягиваться к электромагнитам; когда сила *Г* отрицательна, то мембрана *Д* не только не подтягивается к электромагнитам, но, наоборот, отталкивается. В общем, мембрана будет правильно следовать за телефонным током: положи-

тельному значению тока будет соответствовать притяжение мембраны, отрицательному—отталкивание мембраны; мембрана в точности передаст изменения телефонного тока, следовательно, правильно, без искажений, воспроизведет и передаваемую по проводу речь.

В то же время формула (2) показывает, что сила $Г$ будет тем больше, чем сильнее магнитный поток $М$, то-есть, чем сильнее постоянный магнит телефона.

Итак, чем сильнее постоянный магнит телефона, тем сильнее и чище воспроизводится телефоном передаваемая по проводу речь.



Черт. 6.

Предположим теперь, что наш телефон совсем не имеет постоянного магнита, то-есть, что для нашего телефона $М=0$.

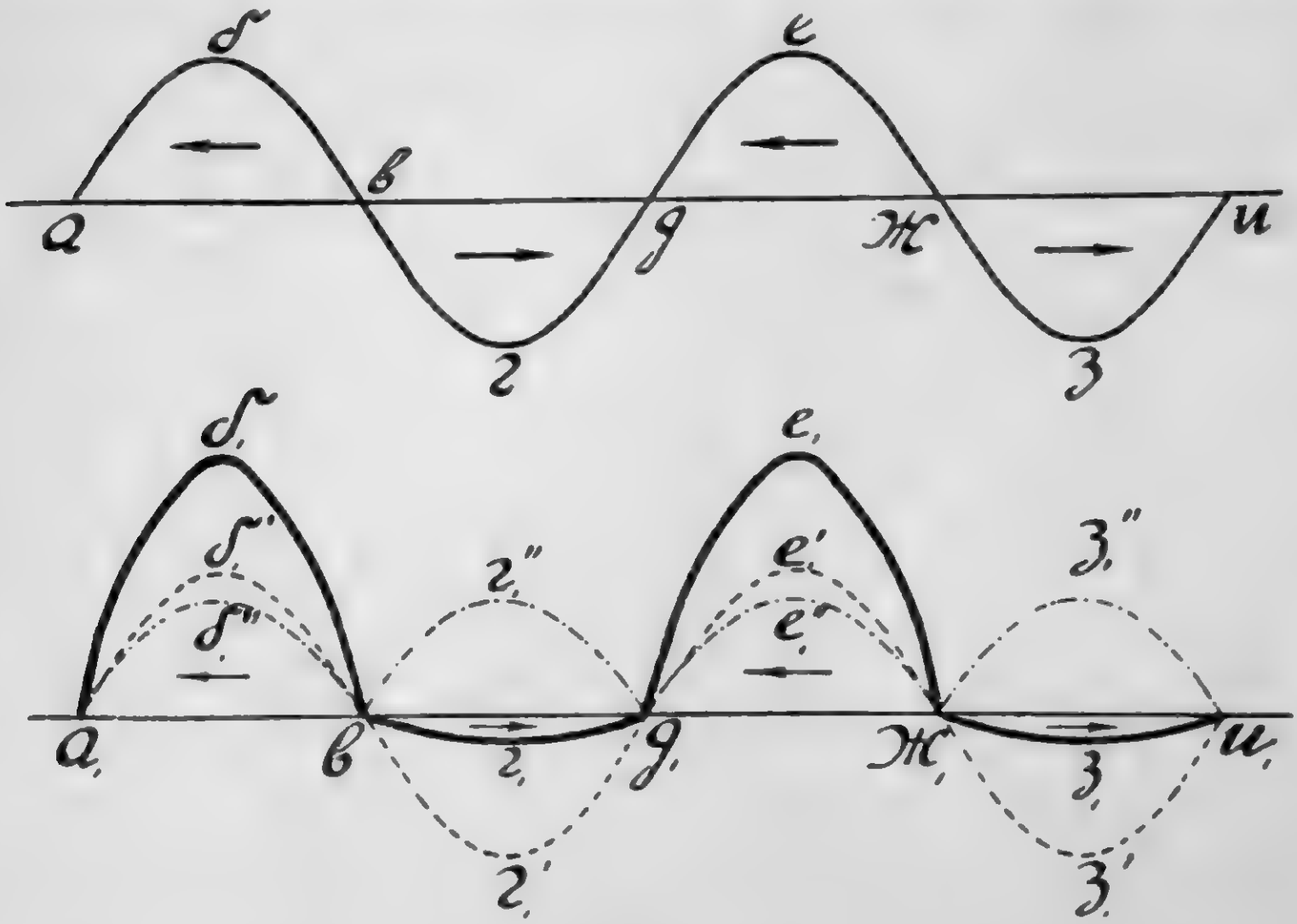
В этом случае формула (1) превратится в следующую:

$$Г=кт^2 \ldots\ldots\ldots (3)$$

Так как квадрат любого числа, положительного или отрицательного, будет всегда положителен, то сила $Г$, действующая под влиянием телефонного тока на мембрану, будет всегда положительная. Если кривая *абвгдежзи* (черт. 6) представляет собою изменение магнитного потока $т$, то из-

менение силы, действующей на мембрану, выразится кривой $а_1б_1в_1г_1д_1е_1ж_1з_1и_1$. Мы видим, что при отсутствии постоянного магнита мембрана колеблется только по одну сторону от своего покойного положения.

На черт. 5 она двигалась как влево, так и вправо от покойного положения (покойное положение мембраны, то-есть, положение мембраны, когда нет телефонного тока, изображено пунктирной линией). Как на черт. 5, так и на черт. 6 ток и магнитный поток делают два колебания; мембрана на черт. 5 также делает два колебания; мембрана на черт. 6 делает четыре колебания, вдвое больше, чем ток. Удвоить же



Черт. 7.

число колебаний—значит повысить тон передаваемой речи на октаву. Таким образом, телефон без постоянного магнита повышает воспроизводимую им речь на октаву, что, конечно, на практике не допустимо.

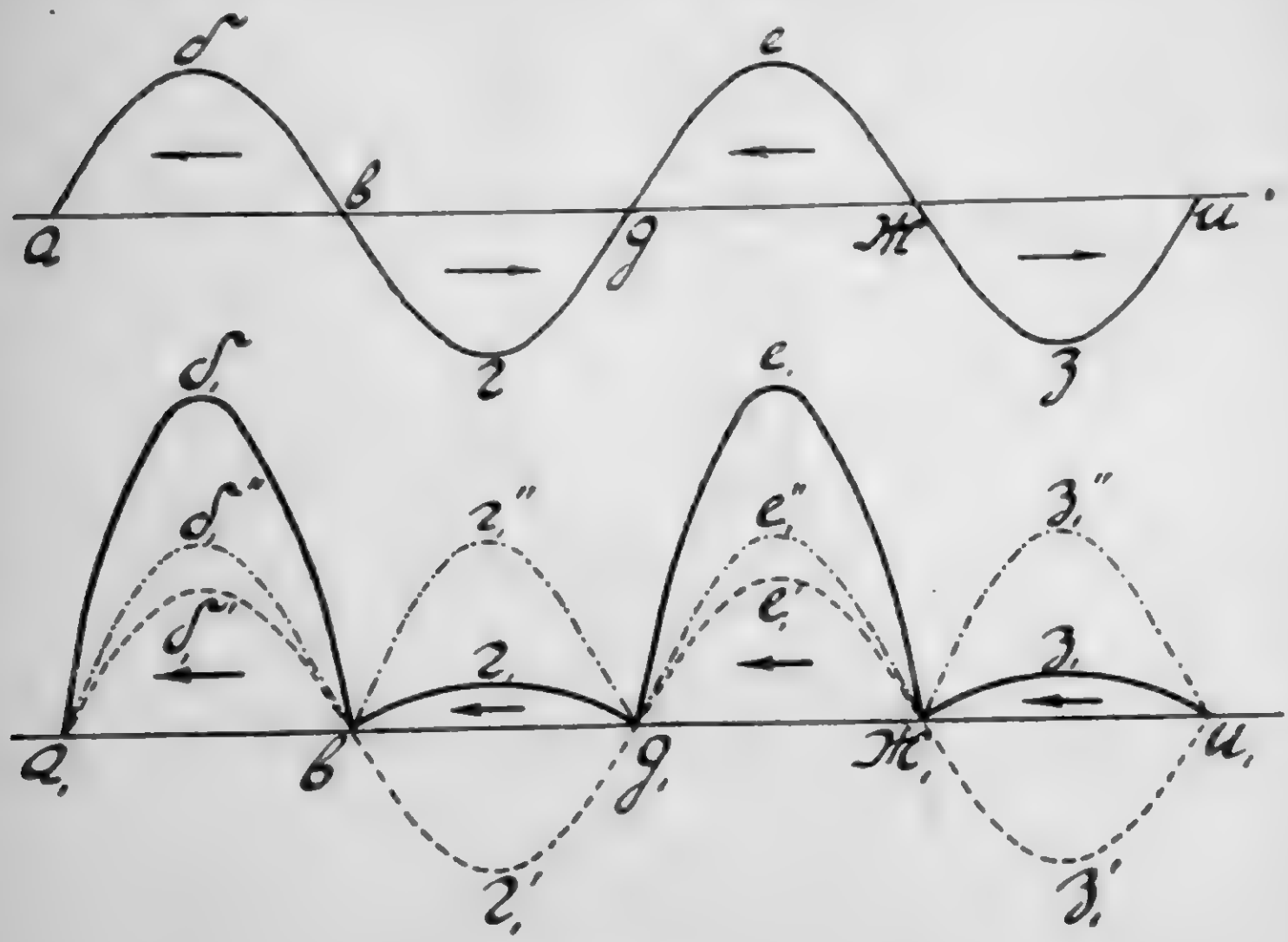
Рассмотрим теперь промежуточные случаи. Пусть постоянный магнит имеется, но магнитный поток его M не так уж велик, чтобы в формуле (1) можно было бы пренебречь членом m. В этом случае мы должны взять формулу (1) полностью, ничем не пренебрегая.

$$Г = 2\ кMm + кm^2 \ldots\ldots\ldots (1)$$

Пусть $M > m$. На фиг. 7 кривая *абвгдежзи* попрежнему обозначает кривую магнитного потока m.

Если бы мы в формуле (1) пренебрегли членом km^2, то получили бы для силы $Г$ кривую $а_1б_1в_1г_1д_1е_1ж_1з_1и_1$; если бы в формуле (1) мы пренебрегли членом 2 kMm, то для силы $Г$ получили бы кривую $а_1б_1''в_1г_1''д_1е_1''ж_1з_1''и_1$. Так как мы не пренебрегаем ни тем ни другим членом, то для силы $Г$ мы должны взять суммарную кривую $а_1б_1в_1г_1д_1е_1ж_1з_1и_1$.

Полученная кривая не симметрична, в одну сторону отклонения больше, чем в другую. Несимметрично будет и колебание мембраны около своего среднего положения; телефон будет искажать воспринимаемую им речь.



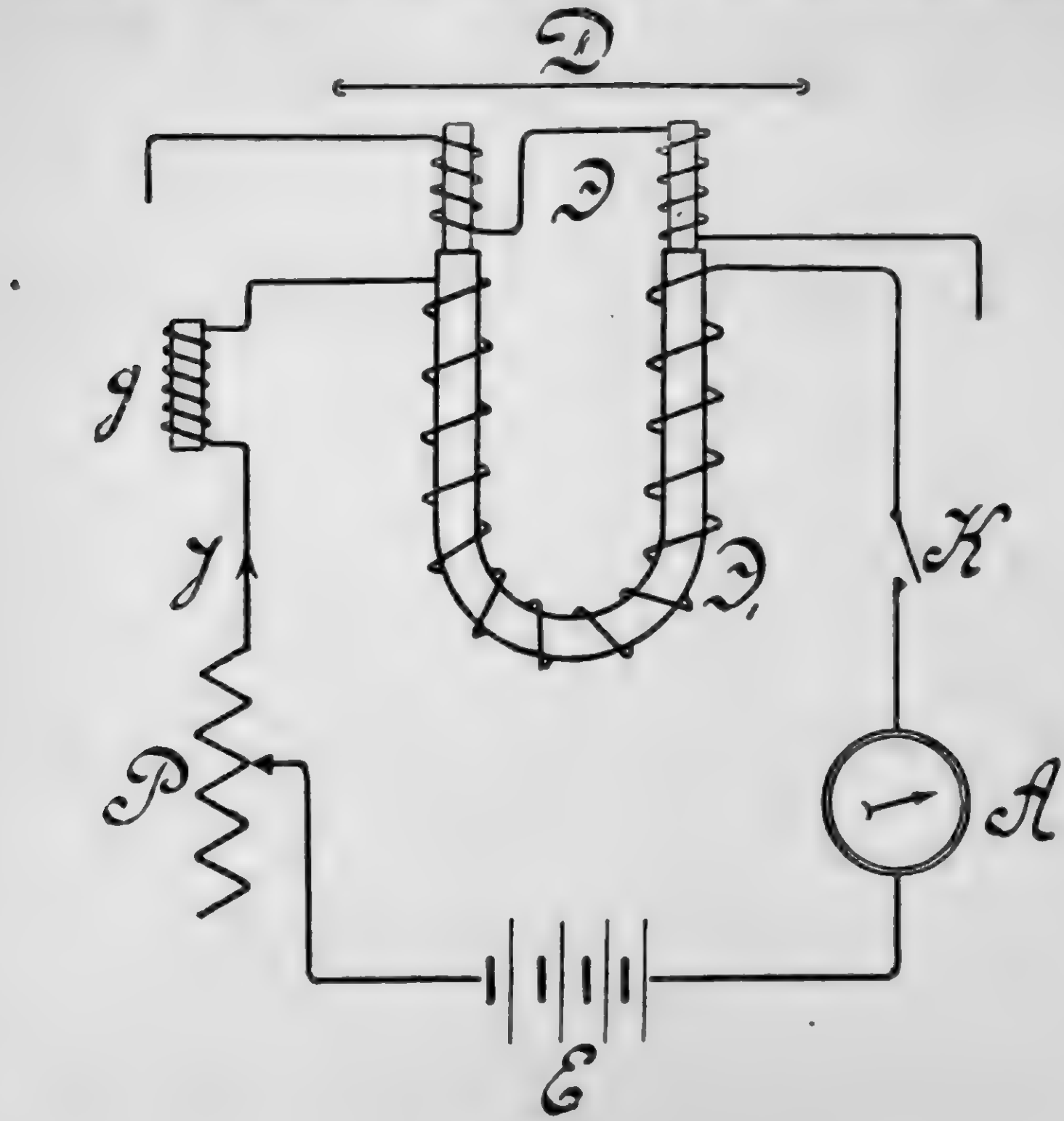
Черт. 8.

Еще большее искажение будет, когда $m > M$. Производя указанным способом построение, получим для силы, действующей под влиянием телефонного тока на мембрану, кривую $а_1б_1в_1г_1д_1е_1ж_1з_1и_1$ (черт. 8). В этом случае мембрана будет отклоняться только в одну сторону от своего покойного положения, при чем отклонения эти будут не одинаковы при действии положительной и отрицательной полуволн тока.

Чтобы телефон громко и ясно воспроизводил речь, необходим сильный постоянный магнит.

Будет ли действие телефона непрерывно улучшаться с непрерывным усилителем постоянного магнитного потока M в телефоне? Согласно форм. (1) будет. А на практике? Под-

тверждает ли практика это заключение? Чтобы ответить на этот вопрос, проделаем следующий лабораторный опыт. Заменим постоянный магнит в телефоне электромагнитом $Э_1$ (черт. 9). В этом случае подковообразный сердечник электромагнита $Э_1$ должен быть взят из мягкого железа. Соединим обмотки электромагнита $Э_1$ с реактивной катушкой $д$, реостатом $Р$, батареей $Е$, амперметром $А$ и ключом $К$. Замкнем

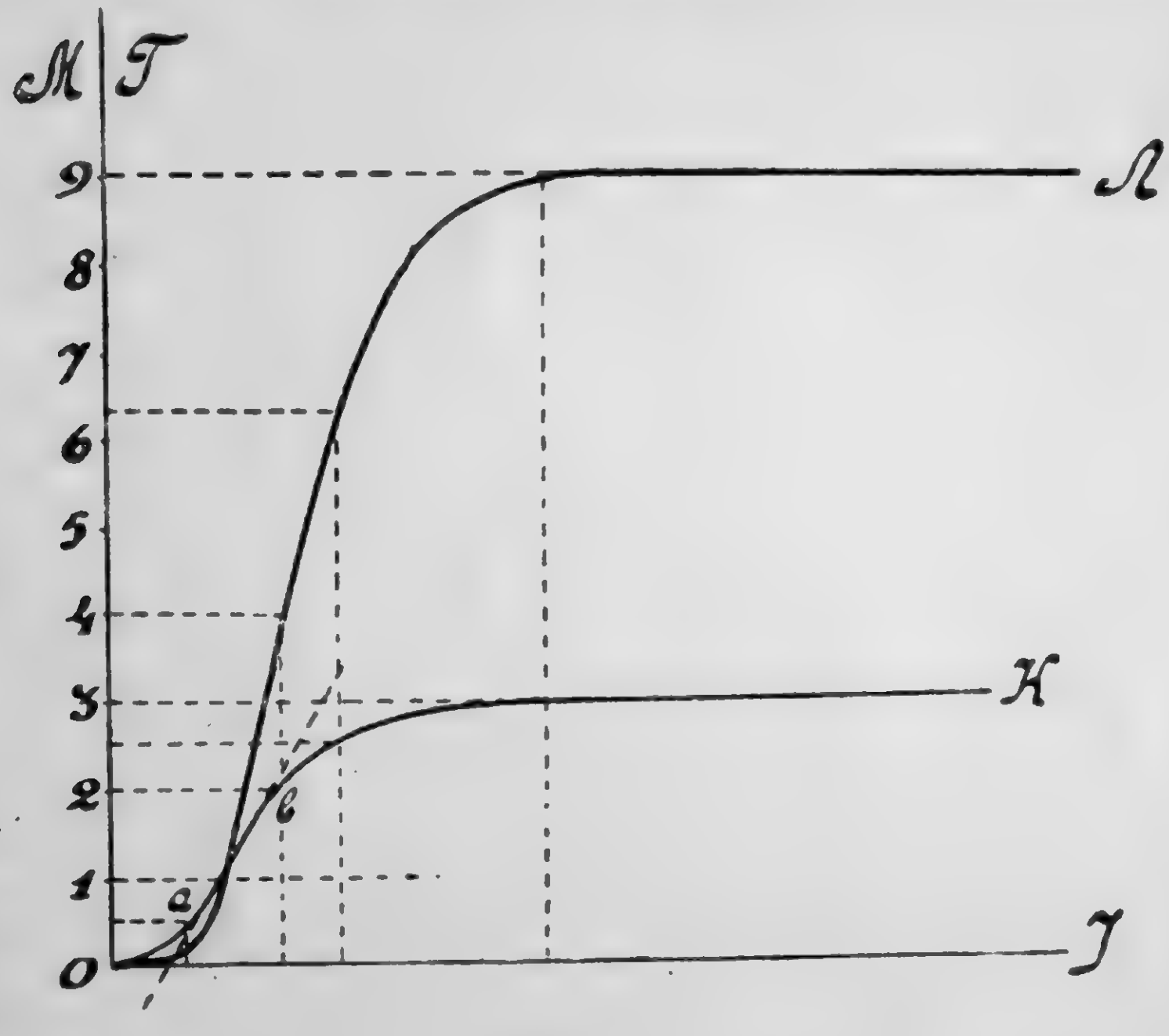


Черт. 9.

ключ $К$. Через обмотки электромагнита $Э_1$ пойдет постоянный ток, который намагнитит сердечник электромагнита и, таким образом, железную подкову обратит в подковообразный магнит. Магнитный поток этого магнита будет зависеть от силы тока I, протекающего через обмотки электромагнита, причем эта зависимость изобразится кривой *ок*, приведенной на черт. 10.

Меняя силу намагничивающего тока I с помощью реостата $Р$, мы будем менять и магнитный поток $М$. Если при

этом измерять каким-либо способом размах колебаний мембраны $Д$ под влиянием одной и той же силы телефонного тока, то мы получим весьма интересную зависимость между постоянным магнитным полем M и размахом колебаний мембраны. Эта работа была проделана проф. А. А. Кузнецовым, который установил указанную зависимость, представленную на черт. 11 кривой $АБ$. Кривая $АБ$ показывает, что размах колебаний мембраны при определенном значении

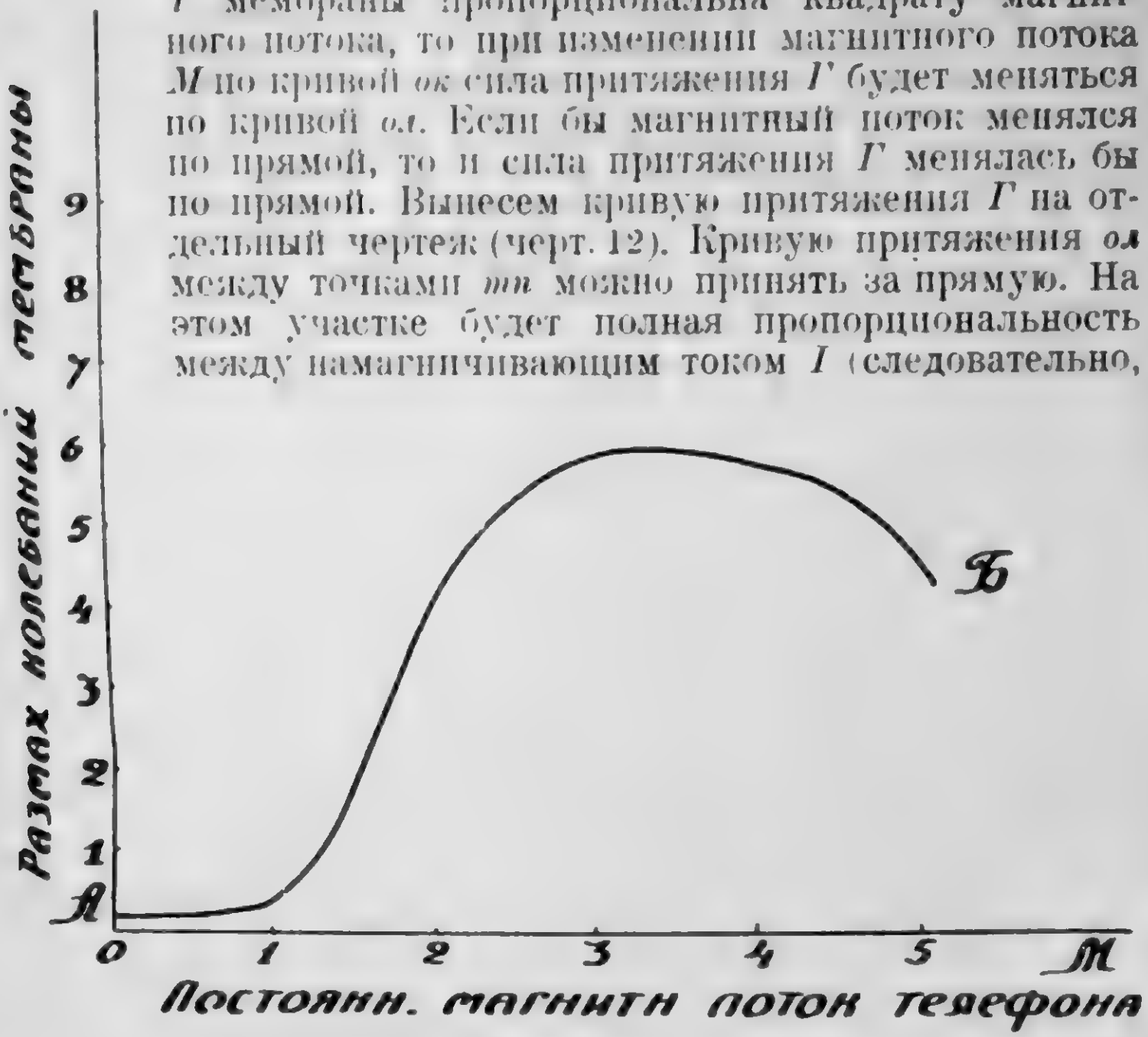


Черт. 10.

постоянного магнитного потока проходит через максимум. Следовательно, непрерывно увеличивать постоянный магнитный поток в телефоне нельзя. Его можно увеличивать только до известного предела, превзойдя который мы не только не улучшим действие телефона, но ухудшим его.

Если сравнить этот результат лабораторных исследований с формулой (1), то мы увидим, что результат теории не совпадает с результатом лабораторного исследования. В чем причина этого расхождения? Причина в том, что при выводе приведенной выше теории было сделано для простоты допущение, что магнитный поток M с изменением силы

тока I (черт. 10) растет непрерывно, то-есть, что зависимость M от I выражается не кривой *ок* (черт. 10), а какой-то прямой. Черт. 10 показывает, что это справедливо лишь на определенном участке кривой *ок*, именно от точки *а* до точки *в*, где кривую *авк* можно принять за прямую; остальные точки уже отступают от закона прямой. Так как сила притяжения F мембраны пропорциональна квадрату магнитного потока, то при изменении магнитного потока M по кривой *ок* сила притяжения F будет меняться по кривой *ол*. Если бы магнитный поток менялся по прямой, то и сила притяжения F менялась бы по прямой. Вынесем кривую притяжения F на отдельный чертеж (черт. 12). Кривую притяжения *ол* между точками *тп* можно принять за прямую. На этом участке будет полная пропорциональность между намагничивающим током I (следовательно,



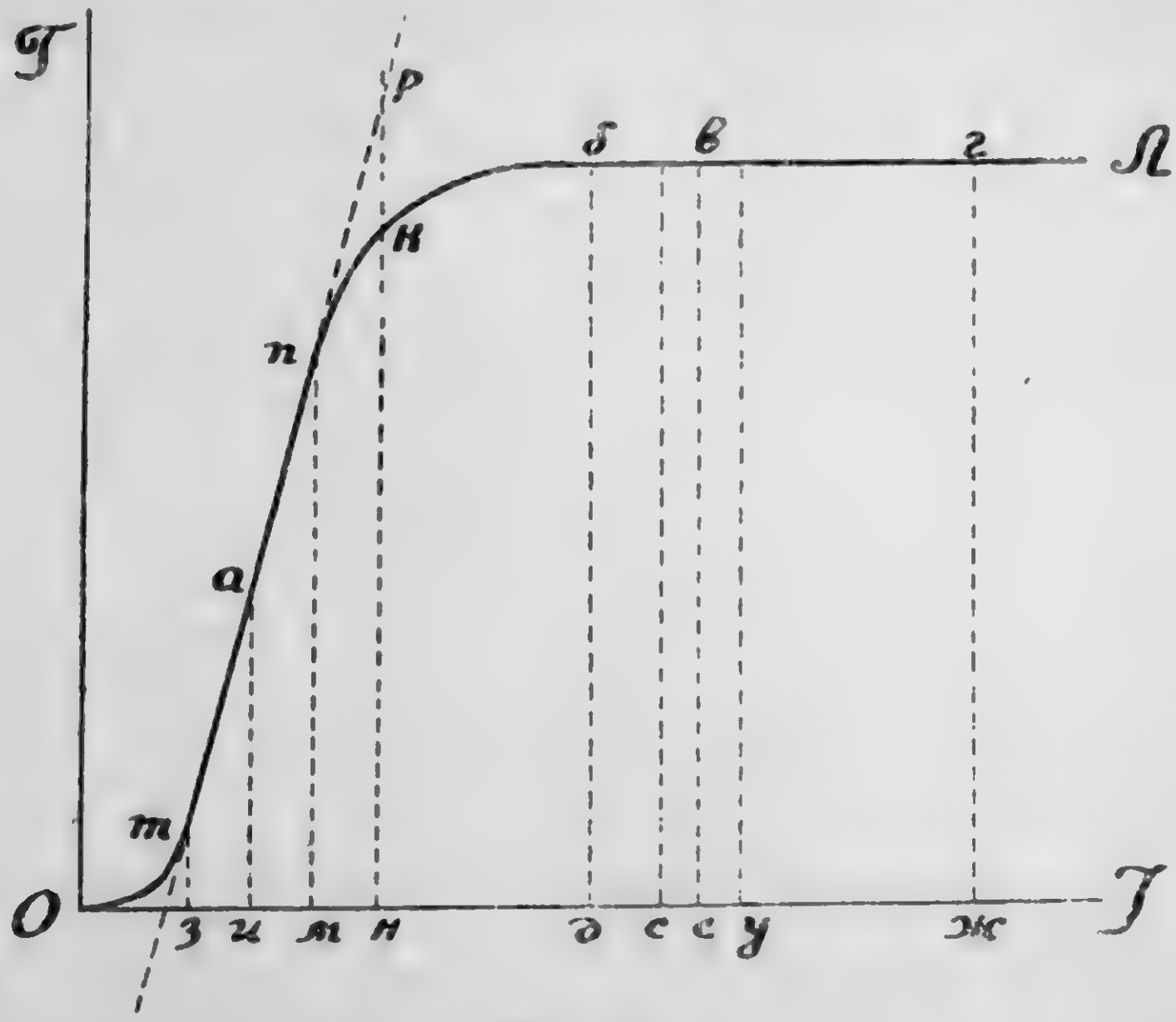
Черт. 11.

и магнитным потоком M) и силой притяжения F. Перейдя к точке *н*, то-есть, взяв намагничивающий ток $I = он$, мы получим силу притяжения уже не *нр*, как было бы, если бы кривая притяжения была прямой, а только *нк*. При силе тока $I = од$ мы получим силу притяжения *дб*; при дальнейшем же увеличении силы намагничивающего тока сила притяжения не будет меняться. Ток мы увеличиваем от величины *од* до *ое* или *ожс* и т. д., сила же притяжения F остается одной и той же: $F = дб = ев = жг$ и т. д.

Какое следствие из этого?

Если постоянный магнитный поток в телефонной трубке соответствует точке *н*, то сила притяжения $F = на$. Пусть теперь через обмотки телефона проходит телефонный ток.

Телефонный ток есть ток временный, действие его будет то увеличивать, то уменьшать действие намагничивающего тока *I*. Если направление телефонного тока будет одинаково с направлением тока *I*, то магнитный поток в телефонной трубке увеличится; при противоположном же направлении тока, магнитный поток в телефоне уменьшается. Так как, при отклонении на черт. 12 от точки *и* вправо или влево (в пределах от *з* до *м*), сила притяжения будет меняться пропорционально этому отклонению, то телефон в точности



Черт. 12.

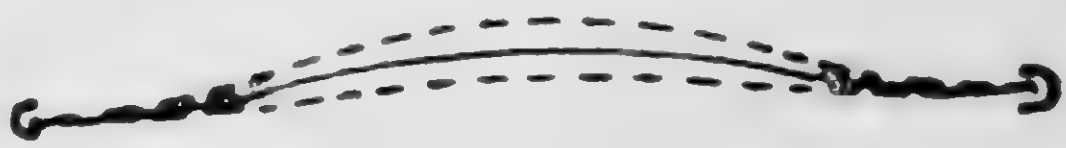
воспроизведет все изменения телефонного тока. Телефон в этом случае будет ясно и громко воспроизводить передаваемую речь. Если бы постоянный магнитный поток телефона соответствовал точке *м*, то при уменьшении тока *I* пропорциональность между изменением тока и силой притяжения осталась бы (*па* — прямая), с увеличением же тока, то-есть, с переходом от точки *м* вправо, пропорциональность нарушилась бы (*пк* — кривая). Телефон в этом случае будет искажать передаваемую речь. Если бы постоянный магнитный поток телефона соответствовал точке *е*, то отступление от точки *е* вправо и влево, например, на *с* и *у*, совсем не отзывалось бы на силе притяжения *Г*,—телефонный ток совсем не будет действовать на телефон, телефон будет молчать.

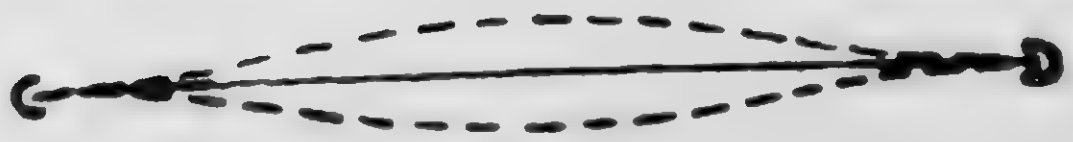
Таким образом, мы видим, что постоянное магнитное поле как угодно увеличивать в телефоне нельзя, что имеется вполне определенный магнитный поток, при котором действие телефона будет наилучшее. Практически этот наивыгоднейший магнитный поток значительно превосходит магнитный поток постоянных магнитов обыкновенных телефонов. Поэтому усиление постоянных магнитов телефонов на практике полезно.

Громкоговорящие телефоны.

Кроме только-что разобранной причины расхождения результатов лабораторных исследований и теории, имеется еще одна причина.

При выводе теории не было принято во внимание искривление мембраны под влиянием постоянного магнита. Чем сильнее постоянный магнитный поток в телефоне, тем больше искривление мембраны. Условия же колебания прямой и искривленной мембран (черт. 13) будут различны:

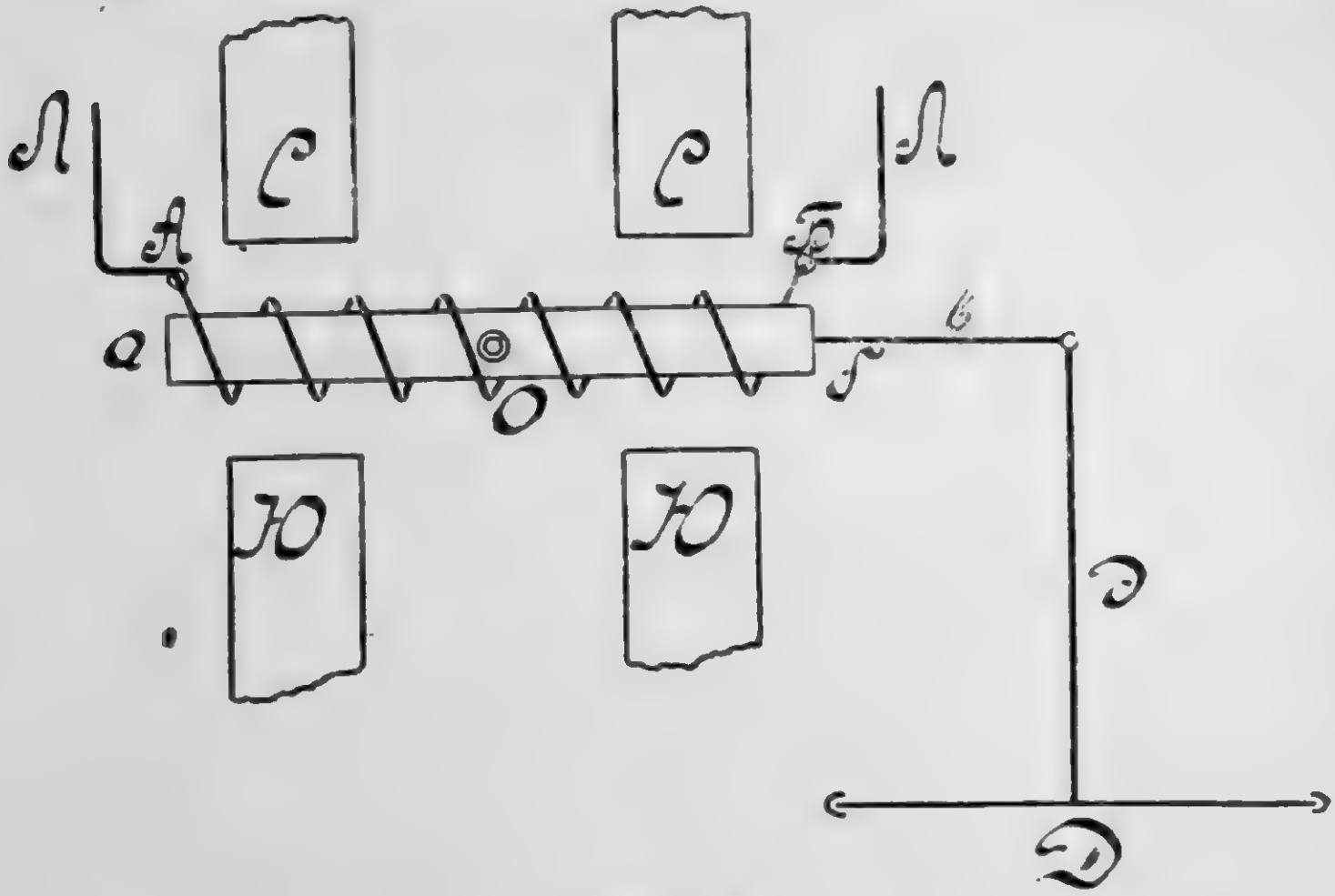




Черт. 13.

При одних и тех же внешних усилиях неискривленная мембрана будет совершать колебания с бо́льшим размахом, чем искривленная. Желая получить громкоговорящий телефон, нам необходимо, во-первых, выбрать надлежащей силы постоянный магнит и, во-вторых, так сконструировать телефон, чтобы под влиянием сильного постоянного магнитного потока мембрана не изгибалась. В Германии и Англии еще и в настоящее время изготовляют громкоговорящие электромагнитные телефоны, не принимая во внимание изгибания мембраны под влиянием постоянного магнитного потока. Их громкоговорящие телефоны принципиально ничем не отличаются от обыкновенных телефонов: усилен лишь постоянный магнит и несколько увеличена мембрана; кроме того, телефон снабжен рупором.

В Америке и в России мембрана в громкоговорящих телефонах вынесена из магнитного поля (в этом случае мембрана может быть и не из магнитного материала); мембрана в положении покоя не изогнута (черт. 14 и 15). В американском телефоне применен магнит с двойными одноименными полюсами *с—с* и *ю—ю*. Между ними наглухо закрепляют в точке *о* якорек *а—б*, связанный рычажками *в* и *д* с мембраной *Д*. Сам якорек находится внутри катушки *АБ*, по которой проходит телефонный ток. Под влиянием проходящего через катушку *АБ* телефонного тока, концы якорька *а—б* получают разноименные полярности. При прохождении телефон-

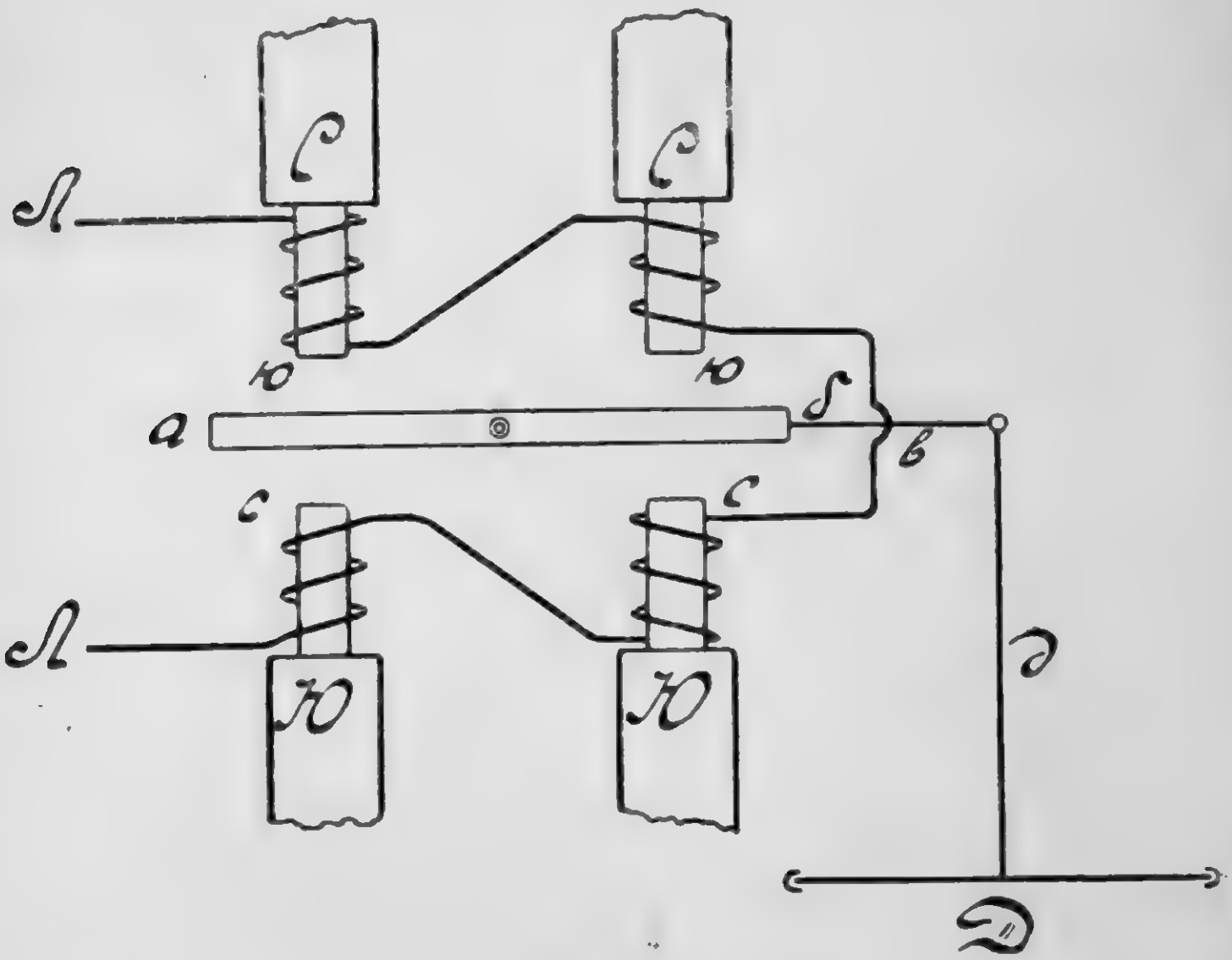


Черт. 14.

ного тока в одну сторону, на левом конце якорька образуется южная полярность, на правом—северная; при прохождении телефонного тока в другую сторону, полярности концов меняются. Если конец *а* южный и конец *б* северный, то *а* будет притягиваться верхним северным концом *С* постоянного магнита и отталкиваться южным нижним концом постоянного магнита. В то же время правый северный полюс постоянного магнита будет отталкивать конец *б* и правый южный *ю*—притягивать. Под совместным действием четырех концов постоянного магнита конец *б* опустится, конец *а* поднимется,—это движение передается мембране *Д*, середина которой при этом должна получить движение книзу. При обратном прохождении тока рычажок повернется в обратном направлении, и движение мембраны будет направлено вверх. Так как рычажок *аб* все время будет следовать за телефон-

ным током, то и мембрана *Д* передаст все изменения телефонного тока. Вследствие же совокупного действия четырех полюсов постоянного магнита и свободы колебания мембраны, воспроизведение речи мембраны будет во много раз сильнее, чем в обыкновенном телефоне с односторонним действием постоянного магнита и изогнутой мембраной.

Такие громкоговорящие телефоны можно считать в настоящее время наиболее совершенными. Изготовляются они в Америке фирмою Вестерн. Подобный телефон, выписанный из Америки трестом заводов слабого тока, демонстри-



Черт. 15.

ровался как в Ленинграде, так и в Москве. Телефон настолько громко воспроизводит речь, что его можно слушать со всех мест самой большой городской площади. В то же время речь воспроизводится настолько чисто и ясно, что можно узнать говорящего. Помимо описанной конструкции, в России предложена еще другая конструкция такого громкоговорящего телефона (черт. 15). Так же, как и в предыдущем телефоне, здесь применен один постоянный магнит (или электромагнит с регулировкой намагничивающего тока) с раздвоенными концами, но концы магнита имеют приставки из мягкого железа, на которые намотаны телефонные катушки. Обмотки катушек соединяются между собою таким образом, что при прохождении тока в одном

направлении левый северный полюс ослабляется, правый северный усиливается, правый южный ослабляется, левый южный усиливается. При совместном действии четырех полюсов *с—с*, *ю-ю* конец *б* рычажка поднимается, конец *а* опускается. Движение рычажка передается мембране *Д*, середина которой начнет двигаться вверх. При обратном направлении телефонного тока движение рычажка *а*, следовательно, и мембраны *Д* будет в противоположную сторону.

Мы видим, таким образом, что анализ одной только составной части телефонной трубки,—анализ действия постоянного магнитного потока,—приводит к решению такой важной задачи, имеющей мировое значение, как громкоговорящий телефон. С другой стороны, мы видим яркую иллюстрацию плодотворности совместной работы теории и опыта. Теория освещает работу опыта, опыт вносит поправки в работу теории, в результате же—полезный, практически годный прибор.

Использование постоянного магнитного потока в разных типах телефона.

Продолжим наш анализ телефона. Возьмем круглый телефон (черт. 16) и посмотрим, насколько полезно использован в нем магнитный поток постоянного магнита.

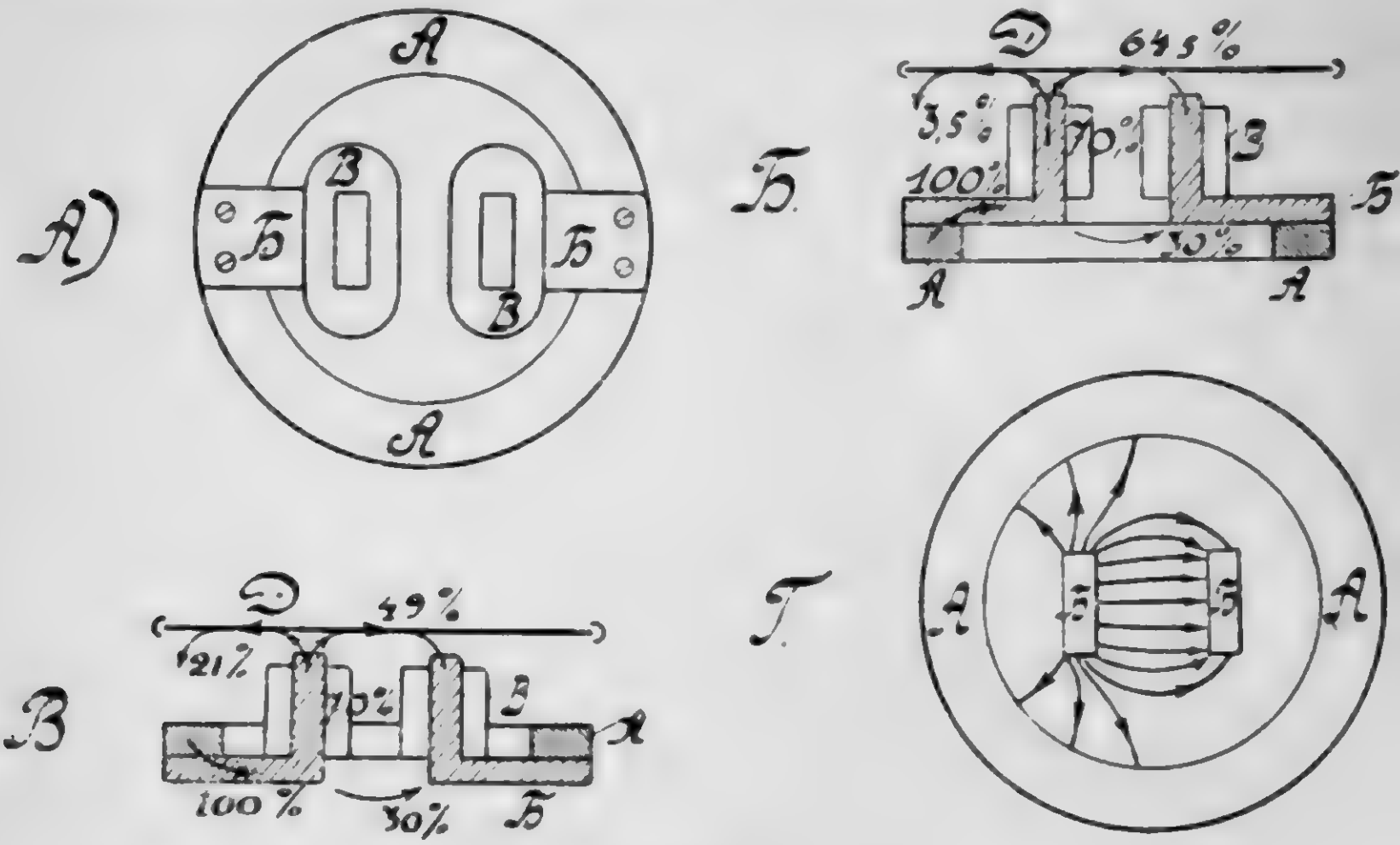
Имеются два типа круглых телефонов. Первоначально наконечники *Б—Б* прикреплялись поверх кольцевого магнита (черт. 16,Б), потом, ради компактности, начали прикреплять наконечники снизу кольцевого магнита (черт. 16,В).

Во втором случае телефон более плоский, более удобный в обращении. В настоящее время только такие круглые телефоны и изготовляются.

Сравним распределение постоянного магнитного потока в этих двух телефонах. Полезной частью магнитного потока мы должны считать ту его часть, которая проходит через сердечники катушек *ВВ* и замыкается через мембрану *Д* от наконечника к наконечнику.

Как в типе *Б*, так и в типе *В* (черт. 16) магнитный поток постоянного магнита не весь замыкается через сердечники катушек, 30% его замыкается через воздух. В сердечники поступает только 70% потока. Эта часть потока замыкается частью от наконечника к наконечнику (черт. 16, *I*), частью же от наконечника через мембрану и на тело кольцевого магнита. Последняя часть будет тем больше, чем ближе мембрана к телу магнита. Так как в типе *В* мембрана значительно ближе к магниту, чем в типе *Б*, то и потеря магнитного потока в типе *В* значительно больше, чем в типе *Б*. В типе *Б* из 70% потока, проходящего через

сердечники, около 3,5% замыкается на тело магнита; в типе *В* эти потери увеличиваются до 21%. Таким образом, в типе *Б* полезно используется 64,5% полного магнитного потока постоянного магнита, в типе же *В* только 49%. Ясно, что телефон *В* должен хуже работать, чем телефон *Б*, что и подтверждается практикой. Выигрывая в компактности, мы в данном случае проигрываем в действии телефона. Желая



Черт. 16.

улучшить действие телефона, мы должны вернуться к первоначальному типу телефона с наконечниками, прикрепленными поверх кольцевого магнита.

Электромагнитные системы телефона.

На постоянный магнитный поток *M* накладывается магнитный поток, создаваемый телефонным током, проходящим через обмотки *ВВ* (черт. 17). Чем сильнее при одном и том же телефонном токе этот магнитный поток, тем громче будет воспроизводимая телефоном речь.

Отчего зависит этот магнитный поток? Обозначим намагничивающую силу через *P*, магнитное сопротивление через *C*, тогда

$$m = \frac{P}{C} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Если сила телефонного тока *i* и число витков обмотки *n*, то

$$P = 1{,}256\, in \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Обозначая длину магнитной цепи через l, площадь поперечного сечения магнитопровода (сечение сердечника обмотки, сечение постоянного магнита, сечение того слоя воздуха, через который проходит магнитный поток) через K и магнитную проницаемость тех веществ, через которые пройдет магнитный поток (железный сердечник катушки, воздух, мембрана телефона, тело стального постоянного магнита), через μ (мю) получим:

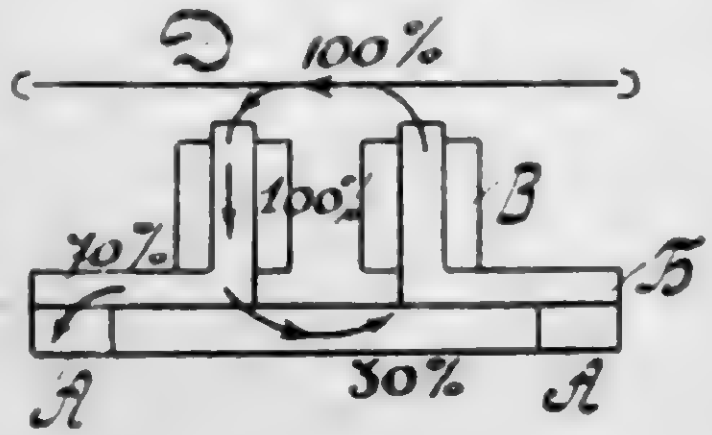
$$c = \frac{l}{\mu K} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Чем меньше C и чем больше P, тем больше по формуле (4) и магнитный поток m.

Формулы же (5) и (6) говорят:

1) P тем больше, чем больше сила телефонного тока и чем больше число витков обмотки электромагнита;

2) C тем меньше, чем меньше длина пути магнитного потока, чем больше сечение магнитопровода и чем больше магнитная проницаемость магнитопровода.



Черт. 17.

Черт. 17 показывает, как распределяется магнитный поток m круглого телефона: через тело кольцевого магнита проходит 70%, через воздух 30%. Воздух имеет очень малую магнитную проницаемость, и если, несмотря на это, 30% потока замыкается через воздух, то, значит, магнитное сопротивление кольцевого магнита очень велико. Это и понятно, так как постоянные магниты делаются из стали, а сталь имеет, по сравнению с железом, очень большое магнитное сопротивление (магнитное сопротивление воздуха еще много больше стали). Чтобы при одном и том же значении силы телефонного тока i увеличить магнитный поток m, необходимо каким-либо способом уменьшить магнитное сопротивление телефона; уменьшить длину пути, проходимого магнитным потоком; увеличить сечение магнитопровода и увеличить число витков телефонных обмоток.

В дальнейшем нам удобнее изображать магнитный поток m следующей формулой:

$$m = \mu K H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

где H носит название напряжения магнитного поля, причем

$$H = \frac{1{,}256\, i\, n}{l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Подъемная же сила одного полюса, выражаемая в граммах, выразится формулой:

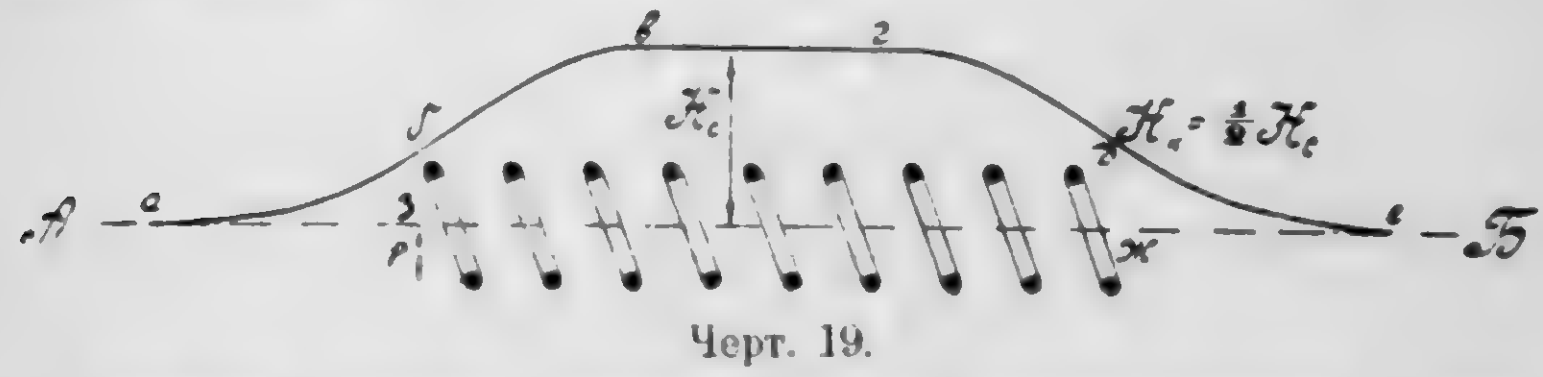
$$P = 0{,}0000405 \cdot K \cdot \mu^2 H^2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (9)$$

Чем большее напряжение H магнитного поля развивается в данном электромагните, тем больше будут как магнитный

Черт. 18.

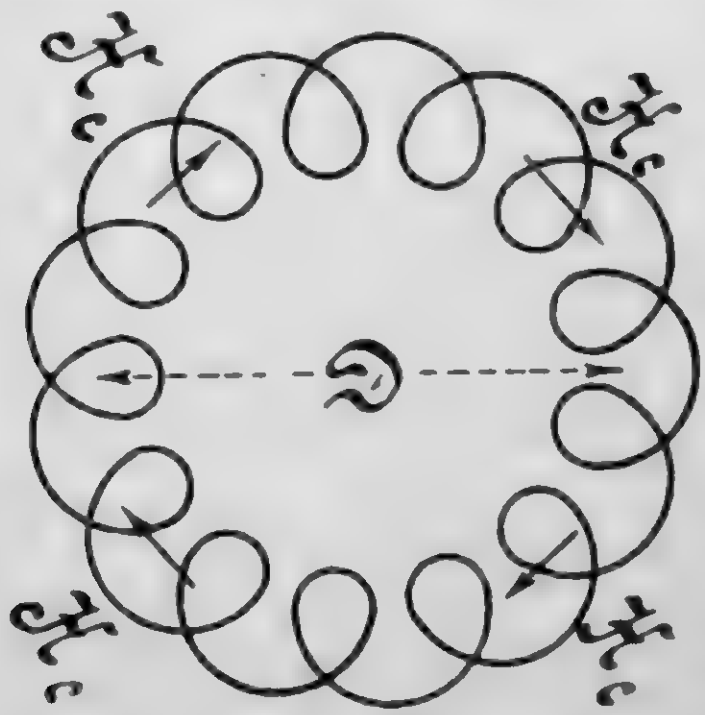
поток m (форм. 8), так и подъемная сила P электромагнита.

Как зависит напряжение магнитного поля H от формы электромагнита?



Черт. 19.

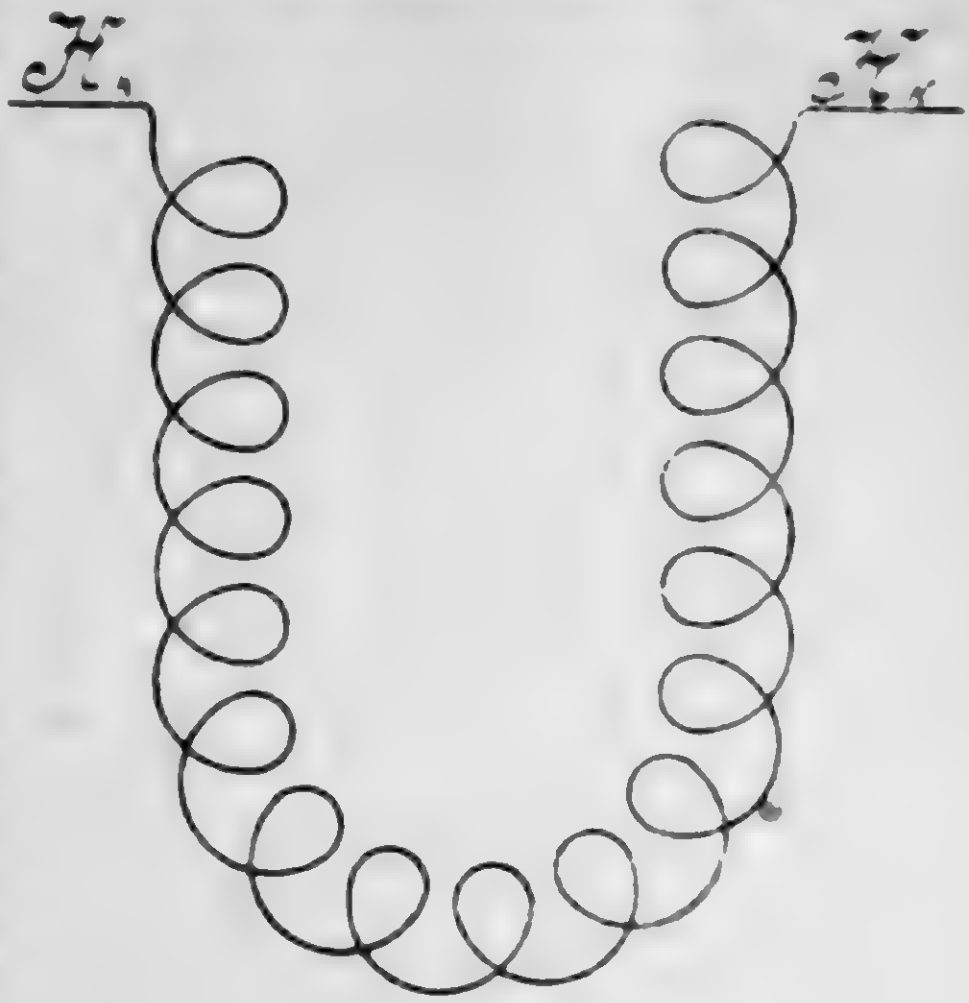
Возьмем наиболее простую форму электромагнита,—электромагнит прямой с одним рядом витков (черт. 18). Проведя ось электромагнита $АБ$ (черт. 19), будем по длине этой оси откладывать величину H, тогда изменение H по длине электромагнита выразится кривой $а\ б\ в\ г\ д\ е$ (черт. 19). На расстоянии от конца электромагнита пяти радиусов p его обмотки ($же = за = 5p$) напряжение H можно считать практически равным нулю. В пространстве между точками $в$ и $г$ напряжение H не меняется (обозначим его на этом пространстве через H_c); расстояние точек $в$ и $г$ от концов электромагнита равно $5P$. Если обозначить напряжение магнитного поля на конце электромагнита через $H_к$, то



Черт. 20.

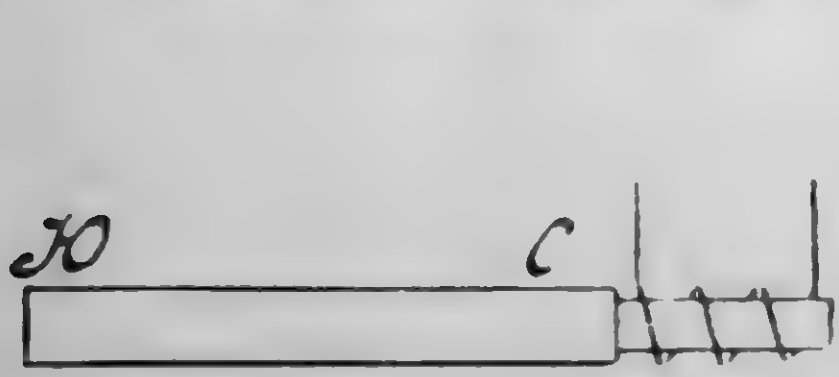
$$H_к = \frac{1}{2} H_c \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (10)$$

А так как подъемная сила конца электромагнита, как можно видеть из формулы (9), пропорциональна квадрату H, то понижение H у конца прямого электромагнита на половину уменьшает подъемную силу конца электромагнита в 4 раза. Если бы мы согнули наш электромагнит в кольцо, как показано на черт. 20, то напряжение магнитного поля по всей длине электромагнита было бы одно и то же, равное H_c. Если бы мы согнули электромагнит не в виде кольца, а в виде подковы (черт. 21), то напряжение магнитного поля H_c по концам такого электромагнита будет меньше H_c, но больше ½ H_c, следовательно, подъемная сила каждого полюса подковообразного электромагнита будет больше подъемной силы полюса прямого электромагнита.

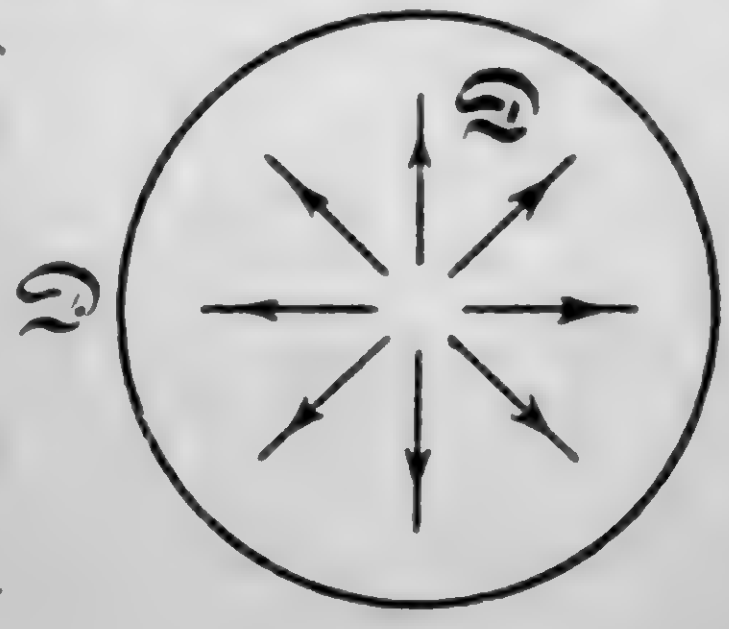


Черт. 21.

Вот почему телефонные трубки с прямым магнитом и



Черт. 22.

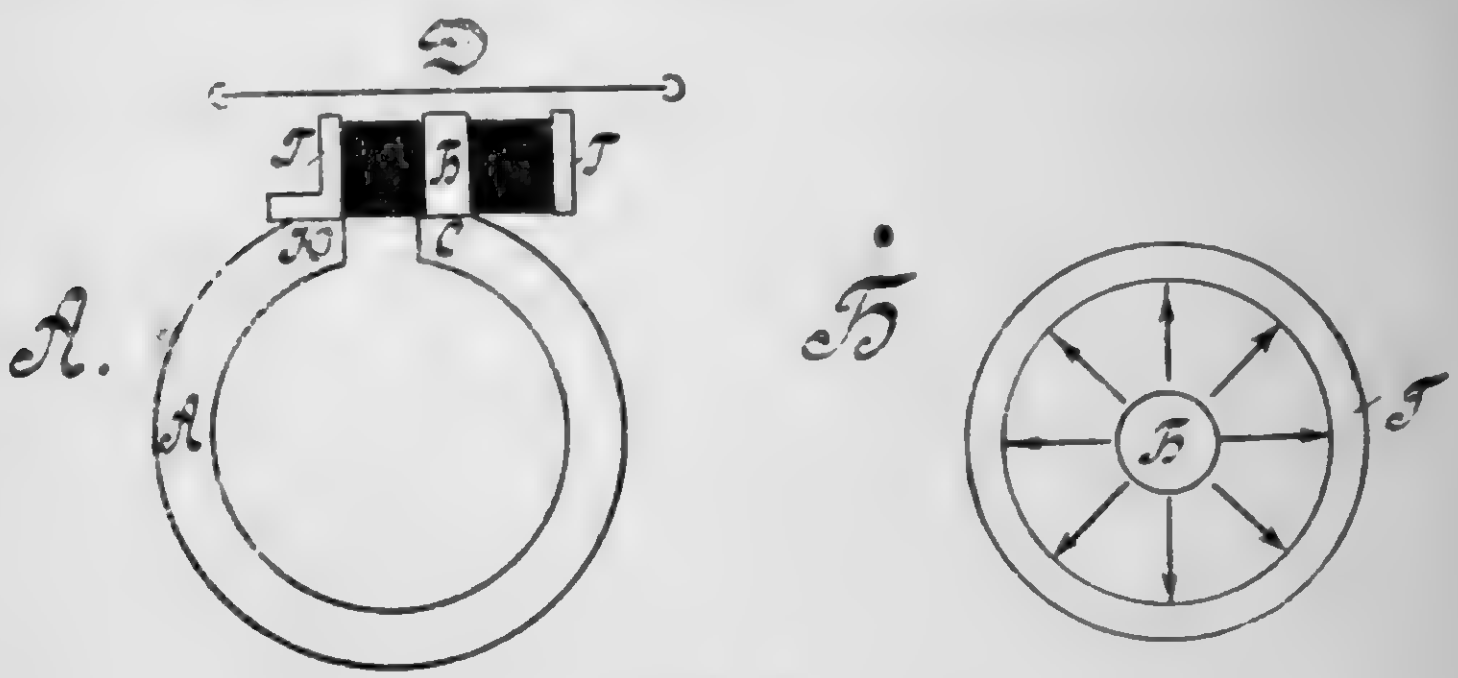


Черт. 23.

одной катушкой (черт. 22) быстро были вытеснены телефонами с подковообразным магнитом с двумя телефонными катушками (черт. 1). Если сравнивать эти телефоны между собою, то у однополюсного телефона имеется только одно

существенное преимущество по сравнению с двухполюсным. Сердечник однополюсного телефона приходится как раз против центра мембраны, магнитный поток равномерно радиально распределяется по мембране, как это видно из черт. 23; колебания мембраны происходят свободно, точно следуя за изменениями магнитного поля. При двухполюсном телефоне магнитный поток в мембране распределяется так, как показано на черт. 16, середина мембраны изгибается лодочкой, что отзывается на правильности колебаний мембраны и ясности передаваемой речи.

Желая совместить достоинства двухполюсного и однополюсного телефонов, д'Арсонваль предложил телефон с одной телефонной катушкой и цилиндрическим электродом, окру-



Черт. 24.

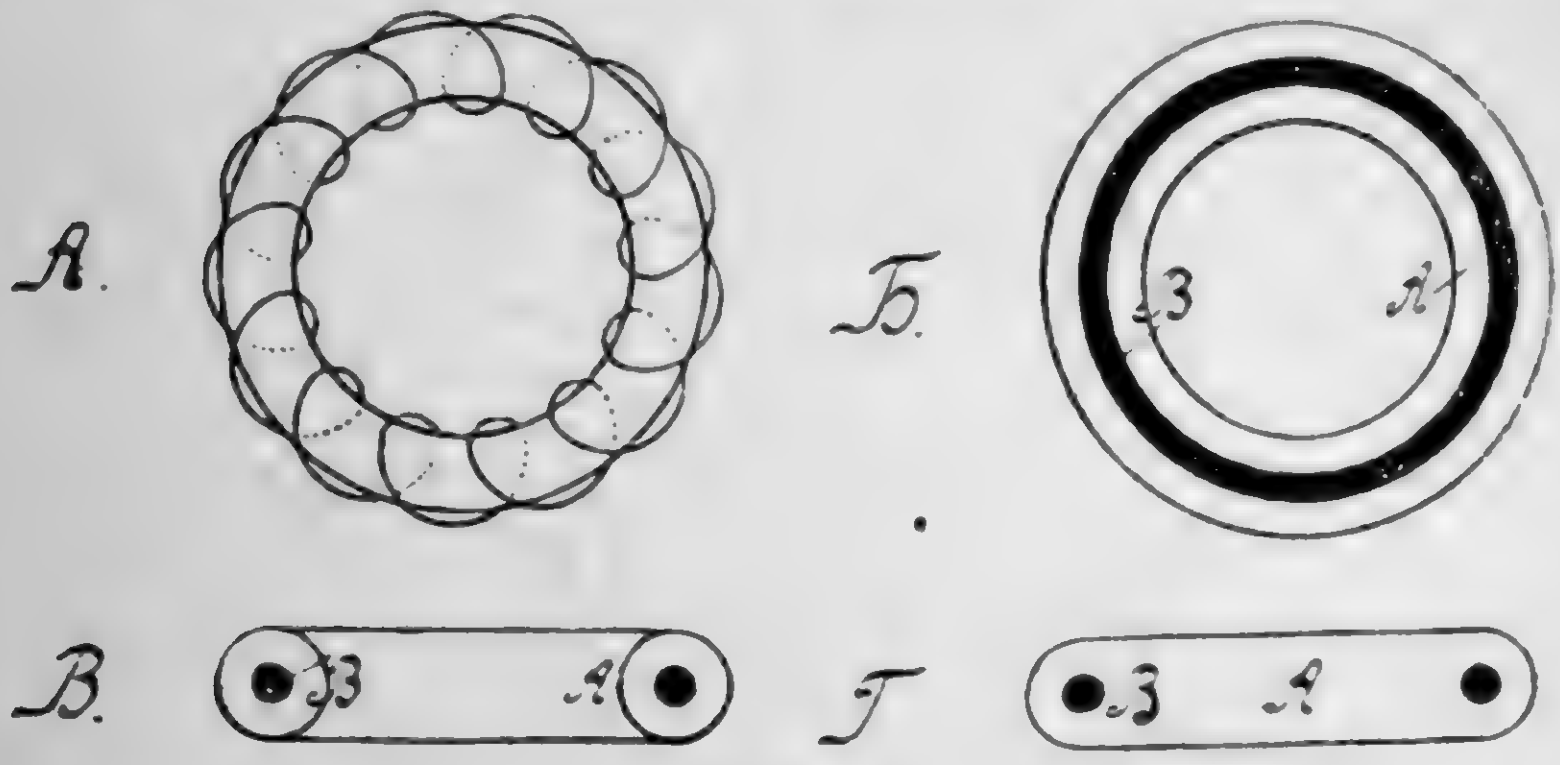
жающим катушку (черт. 24). На черт. *АА* означает постоянный кольцевой магнит, он же и рукоятка телефона; Б полюсная подставка мягкого железа, он же и сердечник телефонной катушки *В*; *Г—Г'* вторая полюсная подставка из мягкого железа в виде цилиндра, окружающего телефонную катушку *В*, и *Д* мембрана телефона. На черт. 24 *Б* показано распределение магнитного потока.

Совмещая достоинства однополюсного и двухполюсного телефонов, телефон д'Арсонваля, однако, обладает и существеннейшими недостатками их: магнитные потоки как постоянного магнита, так и электромагнита недостаточно полно использованы.

Попробуем устранить и эти недостатки, для чего продолжим наш анализ разных систем электромагнитов.

Сравним электромагниты: кольцевой (черт. 25 *А*) и панцырный (черт. 25 *Б* и *В*). Кольцевой электромагнит характеризуется внутренним кольцевым железным сердечником и наружной, намотанной на сердечник, обмоткой. Панцырный электромагнит характеризуется внутренней кольцевой

обмоткой (зачерчена на черт. 25 *Б* и *В*) и наружной железной броней, окружающей обмотку и являющейся магнитопроводом данного электромагнита. По исследованиям инженера В. В. Новикова, панцырный электромагнит при одной и той же потребляемой мощности развивает магнитный поток m_1, примерно, в 6 ½ раз больший, чем магнитный поток m_2 кольцевого электромагнита. Если же внутреннюю часть кольца панцырного электромагнита сплошь заполнить железом, как показано на черт. 25, то такой панцырный электромагнит развивает магнитный поток m_3 примерно в 10 раз больший магнитного потока m_2 кольцевого электро-



Черт. 25.

магнита. Таким образом, мы можем представить эти соотношения в следующем виде:

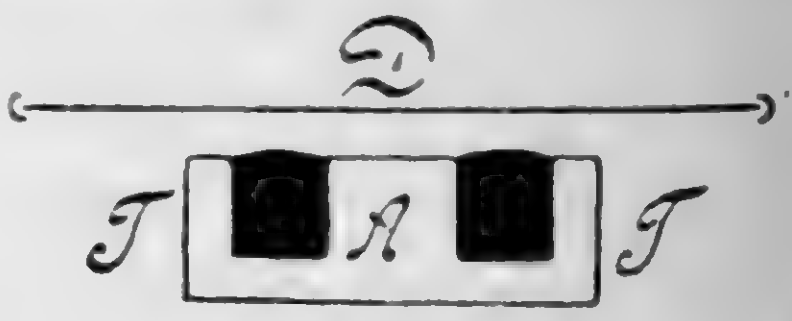
$$m_3 = 10\ m_2 \text{ и } m_1 = 6{,}5\ m_2$$

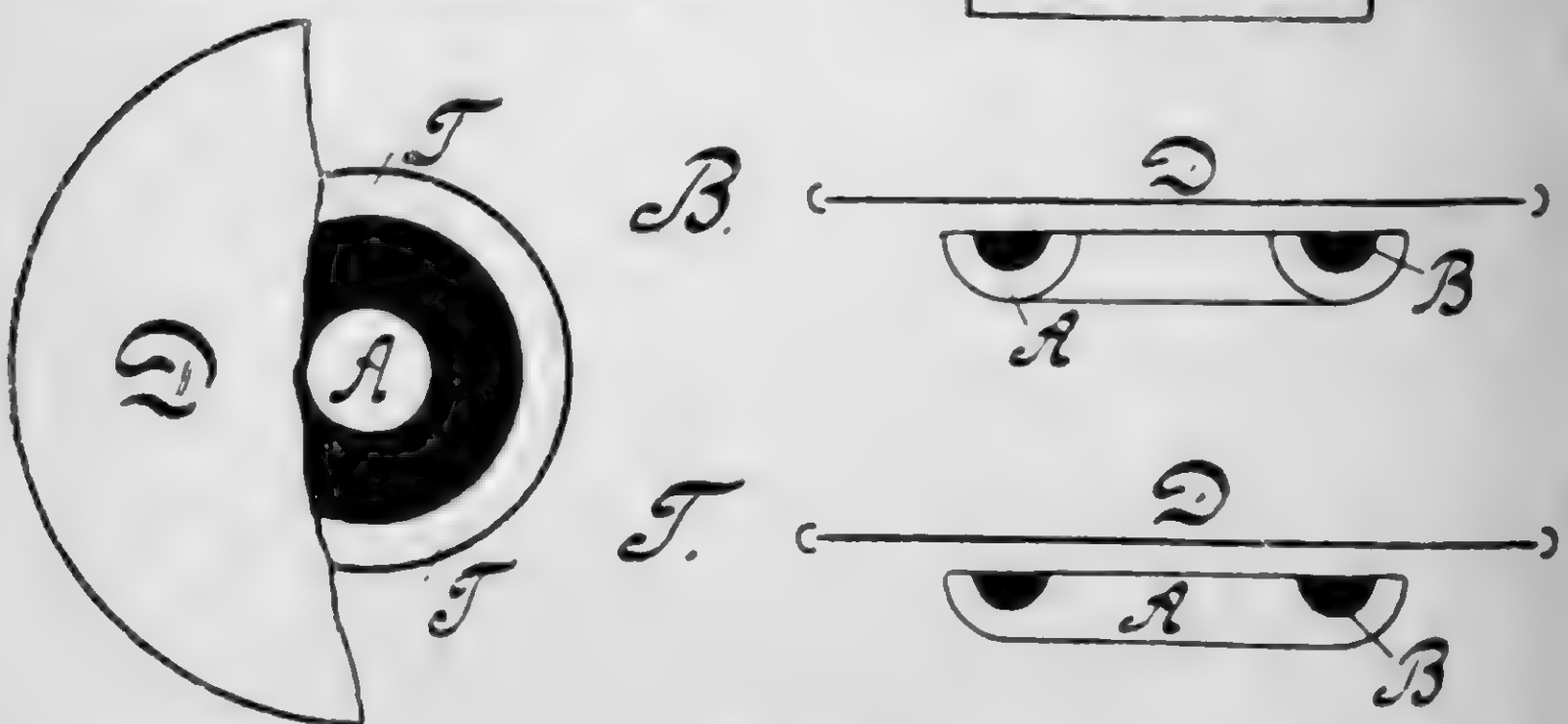
Разрежем панцырный электромагнит типа *В* и *Г* так, как показано на черт. 26, и заменим снятую часть электромагнита мембраной *Д*. Получим панцырный электромагнит, частью брони которого будет мембрана *Д*. Изготовив панцырь *А*, в котором помещены катушки *ВВ*, из стали и пропуская через обмотки *ВВ* телефонный ток, получим два новых типа панцырного телефона.

Панцырный телефон.

Панцырный телефон типа *Г* был построен и испытан в Ленинградской Экспериментально-Электротехнической Лаборатории, при чем ему была придана форма черт. 26. Телефон оказался весьма чувствительным, что и понятно, так как

все перечисленные выше недостатки существующих систем телефонов в данном типе телефона устранены, и все достоинства телефонов здесь совмещены. Магнитное поле электромагнита распределяется по мембране равномерно; действие электромагнитной системы сосредоточено на центральной части мембраны; магнитные потоки как постоянного магнита (панцырь телефона), так и телефонного тока полностью использованы. Такой же телефон с обмоткой большого числа витков и большого сопротивления был изготовлен в мастерских Главвоздухфлота для радиотелеграфных целей. Испытания такого телефона показали, что он чувствительнее Брауновского телефона. Простота устройства и отличное действие телефона дают право думать, что телефон панцырной системы найдет ши-

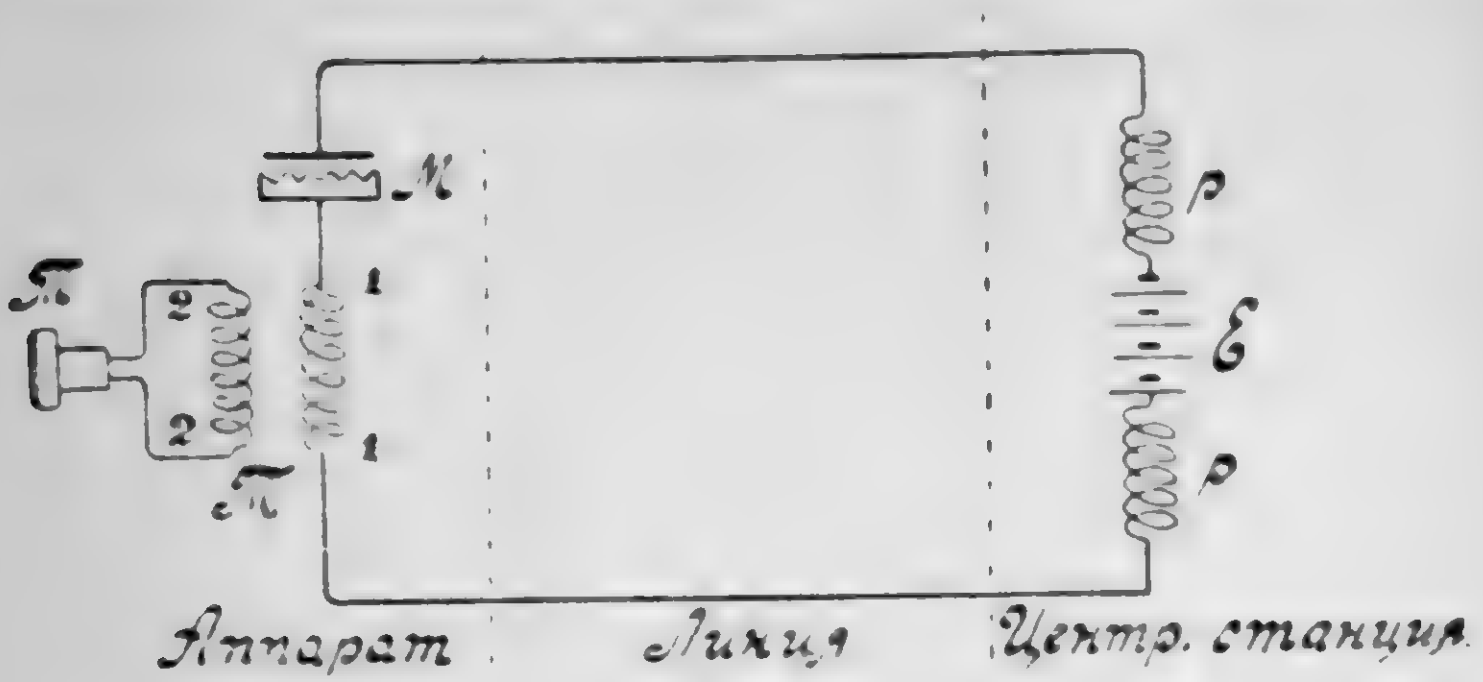




Черт. 26.

рокое применение. Для телефонных аппаратов с центральной батареей панцырный телефон еще более упрощается,—панцырь *АГГ* (фиг. 26) можно в этом случае изготовлять не из стали, а из мягкого железа. Обычного типа телефон, применяемый в аппаратах с центральной батареей, должен быть защищен от постоянного тока центральной батареи. Постоянный ток, проходя через обмотки телефона, создает магнитный поток, который может совпадать с магнитным потоком постоянного магнита, но может быть направлен и навстречу ему. Если телефонная трубка включена так, что магнитные потоки будут итти друг другу навстречу, то магнитный поток постоянного тока постепенно может размагнитить постоянный магнит телефона. А мы уже знаем, что это тотчас-же вызовет ухудшение действия телефона. Телефон необходимо

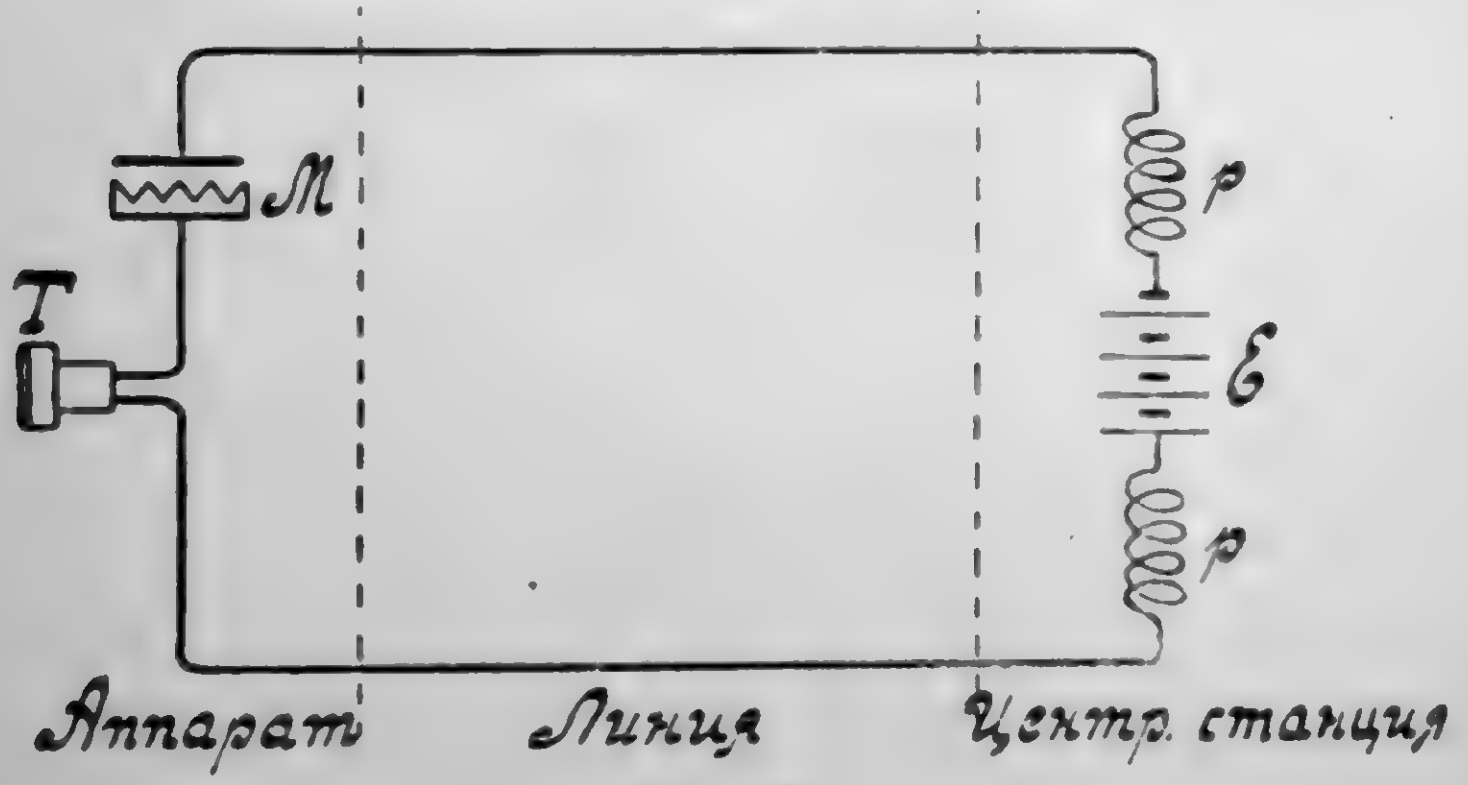
включить таким образом, чтобы постоянный ток на него не действовал. Обычно телефон включается в линию через трансформатор T (черт. 27). Постоянный ток проходит через обмотки 1—1 трансформатора и совсем не действует на те-



Черт. 27.

лефон. Переменный же телефонный ток, трансформируя соответствующий ток в обмотке 2—2, приведет телефон в действие.

В случае применения панцырного телефона с броней из

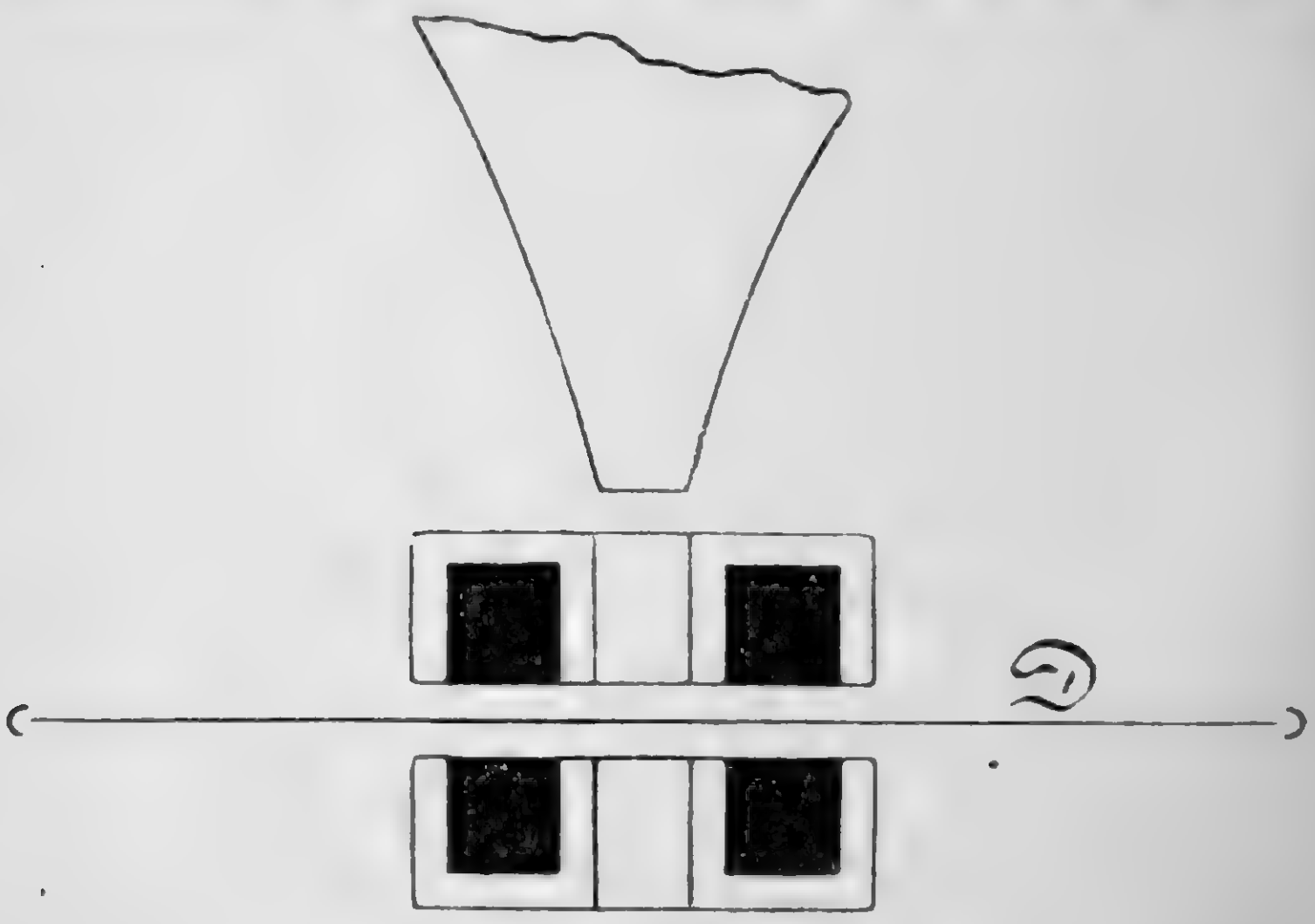


Черт. 28.

мягкого железа, постоянный ток батареи, проходя по обмотке телефона, будет только полезен, создавая нужный нам постоянный магнитный поток. Защищать телефон теперь уже не приходится, телефон может быть включен непосредственно в линию, как это показано на черт. 28, трансформатор ста-

новится ненужным. Телефонный аппарат с центральной батареей упрощается и удешевляется.

Панцырная же система может быть применена и при изготовлении громкоговорящих телефонов. Идя по пути Германии и Англии, мы можем взять для этой цели усиленный панцырный телефон описанного типа (черт. 26), или же применить для этой цели тип *B* (черт. 26). Для того, чтобы мембрана под влиянием сильного постоянного магнитного потока не изгибалась, возьмем два панцыря (черт. 29) и поместим между ними мембрану. Панцыри должны быть намагничены таким образом, чтобы при отсутствии теле-



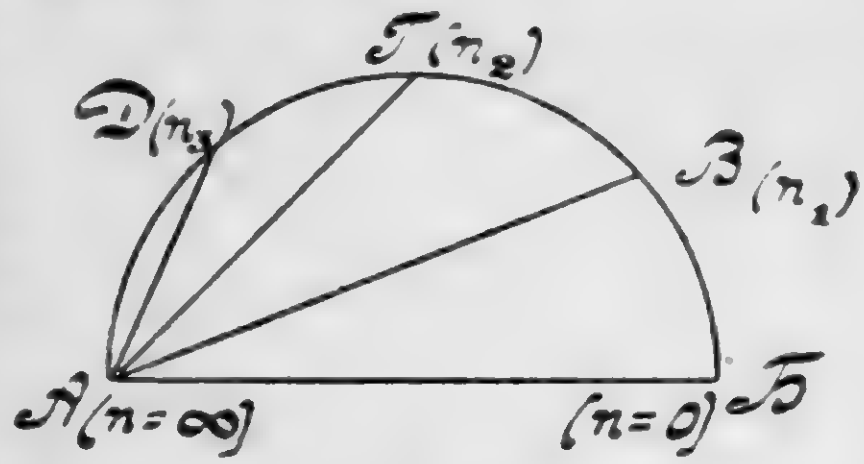
Черт. 29.

фонного тока оба тянули с равной силой к себе мембрану, в результате мембрана останется в своем среднем положении. Телефонные же обмотки должны быть так соединены между собою, чтобы в те моменты, когда одна усиливает магнитный поток своего панцыря, другая, как раз наоборот, ослабляла бы магнитный поток своего панцыря. Под влиянием совместного действия двух панцырей и двух катушек, собранных указанным образом, мембрана будет колебаться правильно и с большим размахом. Чтобы легче было подбирать наиболее выгодную нам величину постоянного магнитного потока панцырей, можем панцыри изготовлять из мягкого железа и для намагничения их постоянным током от добавочной батареи намотать для этой цели в каждом панцыре по второй обмотке.

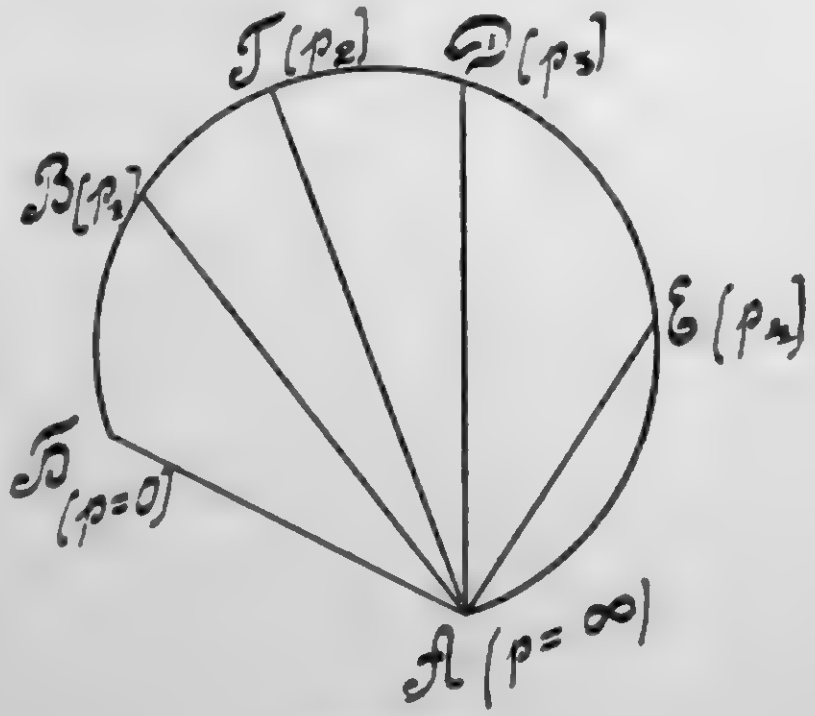
Анализ телефонной трубки затянулся, а между тем, мы коснулись лишь одной электромагнитной системы телефона, причем и этот анализ мы провели лишь поверхностно, не вдаваясь в подробности. Помимо электромагнитной системы, мы должны еще исследовать мембрану, коробку телефона, способ укрепления мембраны, рупор и т. п., и т. п.

Мембрана телефона.

Действие мембраны при одном и том же способе ее закрепления зависит от ее массы (m), жесткости (n) и упругости (p). Мембрана наилучшим способом будет воспроизводить изменения телефонного тока при вполне определенном сочетании массы, упругости и жесткости. Чтобы показать, как зависит размах колебаний мембраны при действии на нее синусоидальной силы от массы, упругости и жесткости, приведем следующие кривые, иллюстрирующие эту зависимость (черт. 30, 31 и 32). С изменением жесткости мембраны n от нуля (0) до бесконечности (∞), размах колебаний мембраны меняется по полуокружности *БВГДА* (черт. 30). Когда $n = 0$, размах мембраны (обозначим его буквой *Ж*) $Ж = АБ$; жесткость мембраны стала n_1, $Ж = АВ$, т. е. размах мембраны уменьшился; жесткость еще увеличилась до значения n_2, $Ж = АГ$; при еще большей жесткости n_3, $Ж = АД$; при бесконечно большой жесткости $n = \infty$, $Ж = 0$, т. е. мембрана совсем не будет колебаться. С изменением упругости p от нуля до бесконечно большего значения (черт. 31) размах колебаний мембраны меняется по части окружности *БВГДЕА*. С увеличением упругости размах *Ж* увеличивается до значения $Ж = АГ$; затем, при



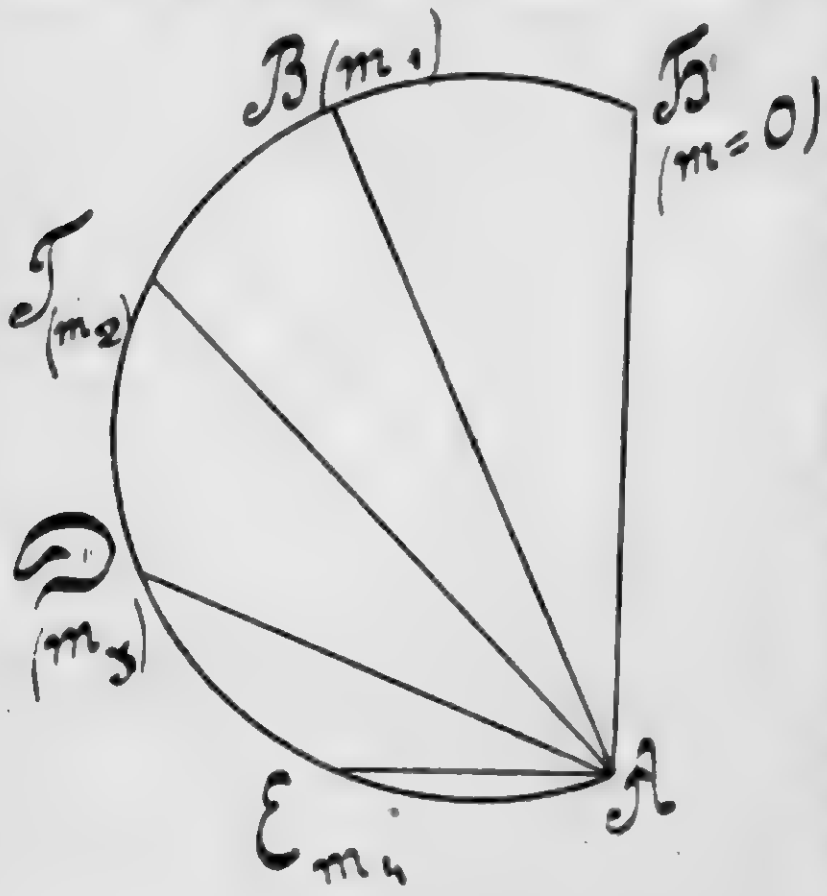
Черт. 30.



Черт. 31.

дальнейшем увеличении, начинает уменьшаться; при бесконечно большой упругости ($p = \infty$) мембрана совсем колебаться не будет. С изменением массы мембраны, ее размах меняется по части окружности *ВВГДЕА* (черт. 32). С увеличением массы размах *Ж* сначала растет до наибольшего своего значения *АБ*, затем начинает уменьшаться и при бесконечно большой массе ($m = \infty$) $Ж = 0$.

При одной и той же массе мембраны, ее размеры могут быть различны,—мы можем сделать ее или тоньше, или толще. Ее размеры также будут сказываться на действии телефона. Важное значение имеет форма мембраны. Что выгоднее — плоская, рифленая, фигурная мембрана? Ряд вопросов, еще требующих своего разрешения. В зависимости от удачного решения этих вопросов, получится более или менее удачный телефон. Телефон еще не достаточно изучен, телефон представляет собою обширное поле для научно-теоретической, экспериментальной, конструкторской и т. п. деятельности.



Черт. 32.

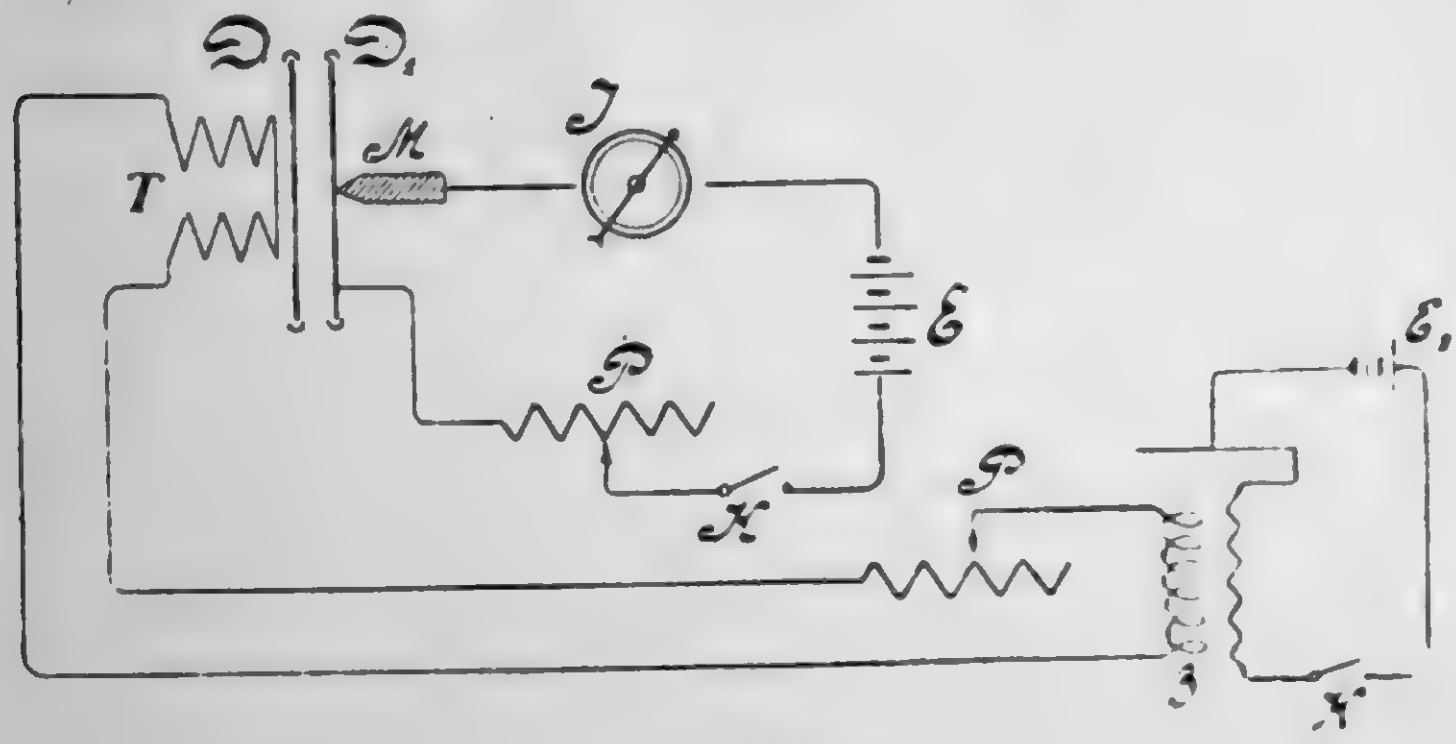
Является ли телефон с мембраной наилучшим решением вопроса? Не появится ли в будущем совершенный телефон без мембраны? Не является ли говорящая динамо-машина указанием на будущий тип телефона? Мы знаем, что если в якорь динамомашины включить микрофон с питающей его батареей и говорить перед микрофоном, то динамомашина воспроизводит сказанные перед микрофоном слова полным голосом, слышимым во всем зале. Мы знаем, что таким же путем соединенный с микрофоном трансформатор сильного тока становится тоже безмембранным телефоном. Мы знаем, что электрический дуговой фонарь, определенным образом связанный с микрофоном, тоже воспроизводит человеческий голос. Уже свыше десяти лет применяется на практике термотелефон, не имеющий мембраны. Во что выльется будущий тип телефона?

Способ сравнения телефонов.

Имея ряд телефонов, мы должны уметь сравнивать их, да не на слух, а каким-либо прибором, сразу указывающим чувствительность телефона. Не касаясь точных лабораторных методов, опишу здесь проект технического способа сравнения телефонов, разрабатываемый Ленинградской Экспериментально-Электротехнической Лабораторией.

Составим цепь зуммера (в сочетании с индукционной катушкой) *з* (черт. 33).

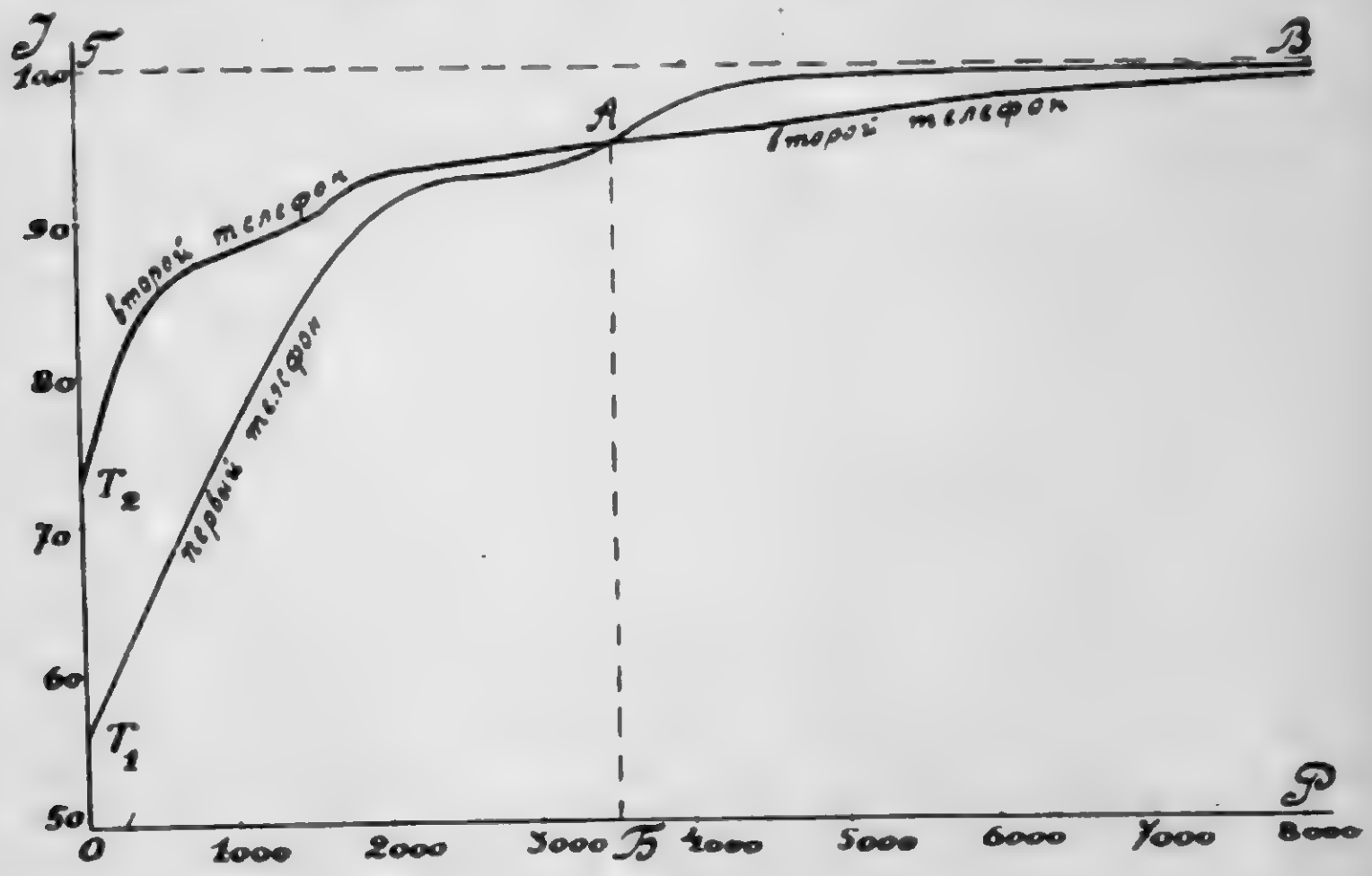
Ток от зуммера (пищика) пропустим через реостат *P* и обмотки испытуемого телефона *T*. Телефон начинает гудеть.



Черт. 33.

Чувствительность телефона мы должны измерять по силе звука, издаваемого телефоном. Если при одном и том же токе, проходящем через обмотки двух сравниваемых телефонов, первый дает более сильный звук, то он и будет чувствительнее. О силе же звука мы можем судить по той работе, которую этот звук может произвести. Поставим напротив телефона на определенном расстоянии от его мембраны *Д* вторую мембрану $Д_1$, образующую контакт *M* с заостренным графитом твердого чертежного карандаша. Сопротивление этого контакта будет зависеть как от частоты колебаний мембраны $Д_1$, так и от размаха колебаний ее. При одной и той же частоте сопротивление контакта *M* тем более, чем больше размах колебаний мембраны $Д_1$. Пусть сопротивление контакта *M* при неподвижной мембране $Д_1$ будет таково, что постоянный ток цепи *E I M p K E* (черт. 33) равен 100 миллиамперам (*I*—миллиамперметр постоянного тока). Замкнем цепь зуммера, нажав ключ *K*, тогда через телефон *T* пойдет

фонический переменный ток, под влиянием которого мембрана $Д$ телефона начнет колебаться и гудеть. Звуковые волны при этом действуют на мембрану $Д_1$ и раскачивают ее. Колебание мембраны $Д_1$ увеличит сопротивление контакта M, ток в цепи $ЕIMPKE$ уменьшится, и стрелка миллиамперметра I будет указывать деление не 100, а, например, 56. Если мы заменим наш телефон другим и получим ток не 56 миллиампер, а 72, то можем сказать, что под влиянием второго телефона мембрана колеблется с меньшим размахом, чем под влиянием первого. Под влиянием первого изменение тока было $100 - 56 = 44$ $^{м}/_{амп}$, под влиянием вто-



Черт. 34.

рого $100 - 72 = 28$ $^{м}/_{амп}$; следовательно, первый телефон чувствительнее второго. Будем менять сопротивление реостата P; тогда сила переменного тока, проходящего через телефон T, будет меняться. Отложим по горизонтальной оси сопротивление реостата P, по вертикальной оси отклонения стрелки миллиамперметра I для того и другого телефона,—получим кривые, приведенные на черт. 34.

Чем больше сопротивление P, тем меньше сила тока, проходящего через телефон T_1 или T_2. Сравнивая приведенные кривые, мы видим, что, пока сопротивление P не превзошло $ОБ = 3500$ омов, отклонения от прямой $ГВ$, соответствующей 100 миллиамперам при неподвижной мембране $Д_1$, будут больше для первого телефона; следовательно, на этом участке телефон T_1 будет чувствительнее телефона T_2. При сопротивлении $ОБ = 3500$ омов отклоне-

ния для обоих телефонов равны; следовательно, в этот момент они одинаково чувствительны. С дальнейшим увеличением сопротивления отклонения от прямой IB будут больше уже для второго телефона; следовательно, для участка вправо от точки B чувствительнее будет телефон T_2. Таким образом, при больших силах тока более чувствительным оказывается телефон T_1 и при малых силах тока телефон T_2. При заводском сравнении между собою телефонов придется прежде всего выяснить ту среднюю силу тока, при которой будут на практике работать данные телефоны, установить нормальное отклонение миллиамперметра и затем уже сравнивать телефоны. Если отклонение больше установленного нормального отклонения или равно ему,—телефон принимается; если меньше,—телефон бракуется.

Приведенный анализ телефона, как я уже сказал выше, далеко не полный; целый ряд вопросов, касающихся телефонной трубки, еще далеко не освещен и требует старательного исследования их. Приведенный анализ должен служить лишь примером, как многого можно достичь, серьезно взявшись за пересмотр примелькавшихся и, казалось бы, хорошо и без того известных вопросов. Чего ни коснись, все новые темы, темы исключительной практической важности, темы исключительного интереса: отдельные части телефонного аппарата (телефон, микрофон, индукционная катушка, индуктор, звонок, сборка самого аппарата), реактивные катушки, телефонное реле, линия, согласование линий с передатчиками и приемниками, согласование частей самой линии, влияние линий друг на друга, борьба с паразитными токами, очищение посылаемых в линию сигналов, избирательный вызов, уплотнение проводов и т. д., и т. п. Перед нами необъятное поле научно-творческой работы. Все области телефонии требуют подробнейшего пересмотра и научного анализа. Нерешенных вопросов так много, что справиться с ними может только коллектив, только объединенные усилия работников лабораторий, мест и заводов. Наша общая обязанность—сплотиться на почве коллективной работы, давать новые темы, будить интерес к широкой области телесношений, привлекать все более и более широкие круги связистов к творческо-исследовательской работе.

Наука развивается неустанно и непрерывно. И подобно тому, как малые непрерывные изменения в общественном процессе накопляют материалы к великим общественным переворотам, так и повседневная, непрерывная научная работа приводит нас к великим научным преобразованиям, научным переворотам. Без мелкой, кропотливой и черной научной работы невозможны и научные революции. И то и другое одинаково важно в неизменно развивающемся научном процессе. В нашей области телесношений имеются

вопросы и темы блестящие, бросающиеся в глаза; имеются вопросы и темы менее блестящие, скромные, мало заметные, но, тем не менее, весьма важные в повседневной работе. Что важно и что не важно в общем техническом прогрессе? Подробная вдумчивая разработка какой-либо детали или прибора может привести к важнейшим для целого процесса решениям. Все важно, над всем надо работать, к каждому вопросу следует подходить с глубоким вниманием. Самые простые приборы могут дать богатую пищу пытливому уму и творческой работой украсить нашу будничную жизнь.

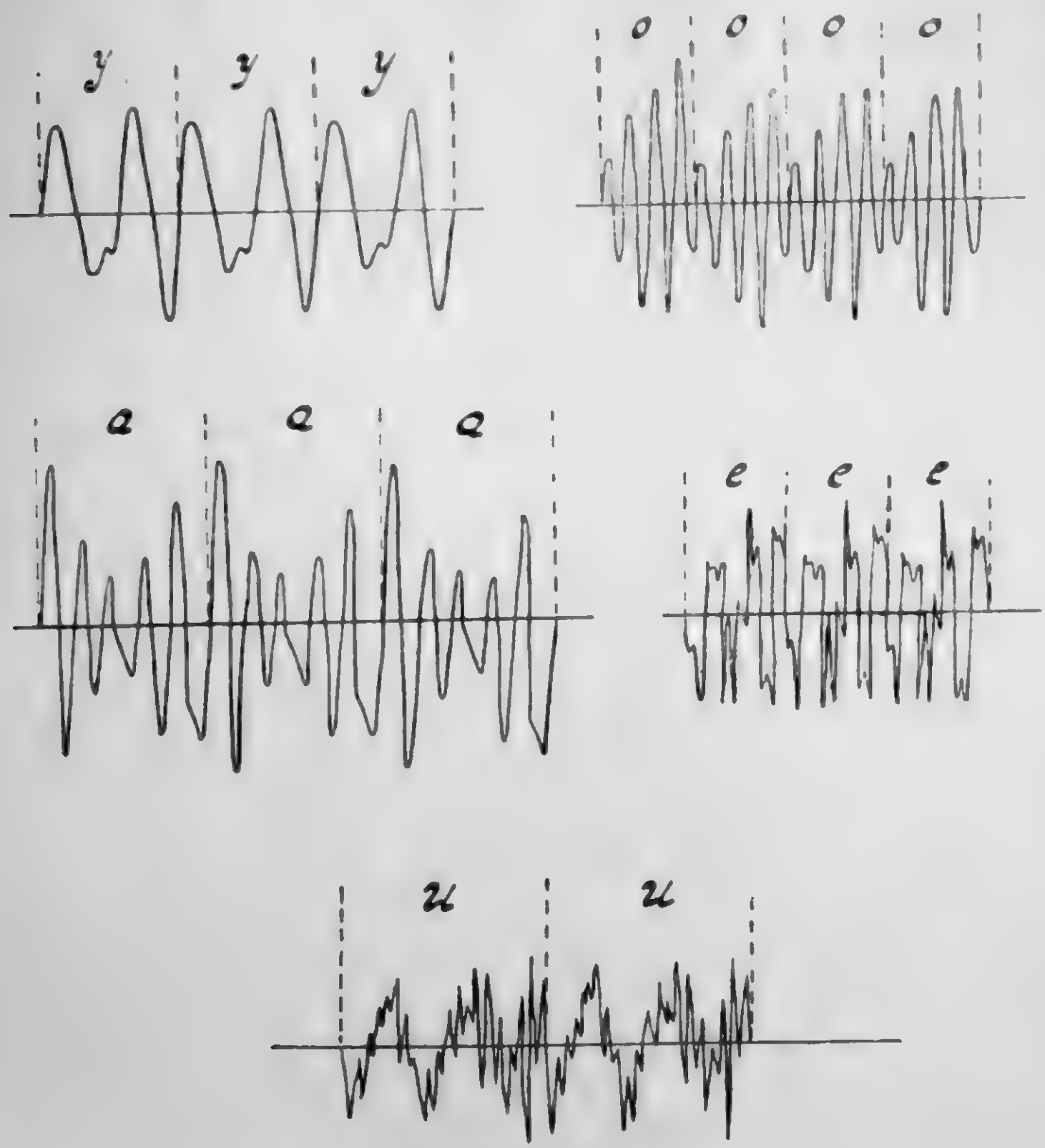
Наши ближайшие задачи—пересмотр всех положений телефонии, критический разбор всех деталей телефонных установок; на почве этой работы спайка рядовых работников связи с лабораториями, выискание и создание условий коллективной научной работы.

Выяснив всю важность мелкой повседневной работы, обратимся к тем богатым достижениям, которыми подарили нас последние годы. К таковым, в первую очередь, мы должны отнести телефонирование быстропеременными токами и телефонные трансляции. Телефонные трансляции, разрешая важнейший вопрос о телефонировании на весьма большие расстояния, не затрагивают привычных основ телефонии; телефонирование быстропеременными токами переворачивает самые основы телефонной передачи. Чтобы лучше разобраться в новых основах телефонирования, рассмотрим элементы обычного телефонирования и сравним его с новым.

Исследование гласных.

Необходимым условием телефонной передачи является микрофонная цепь, состоящая из батареи постоянного напряжения, микрофона и первичной обмотки индукционной катушки. Говоря перед микрофоном, мы меняем его сопротивление, вследствие чего в микрофонной цепи создается меняющийся ток. Этот микрофонный меняющийся ток, трансформируясь, создает во вторичной обмотке индукционной катушки, следовательно, и в линии переменный телефонный ток. Этот телефонный ток весьма сложен. С помощью весьма точного лабораторного прибора—осциллографа—его можно зарисовать. Произнося какую-либо букву, например, *у*, мы получим в линии какой-то ток, соответствующий этой букве; произнося другую букву, например, *е*, мы получим уже другую форму телефонного тока. С помощью осциллографа мы можем все эти формы тока, соответствующие тем или иным звукам, снять на фотографическую пластинку. Проделав это с гласными: у, о, а, е, и, получим кривые тока, приведенные на черт. 35. На черт. 35 приведены кривые телефонного тока, соответствующие только отдельным глас-

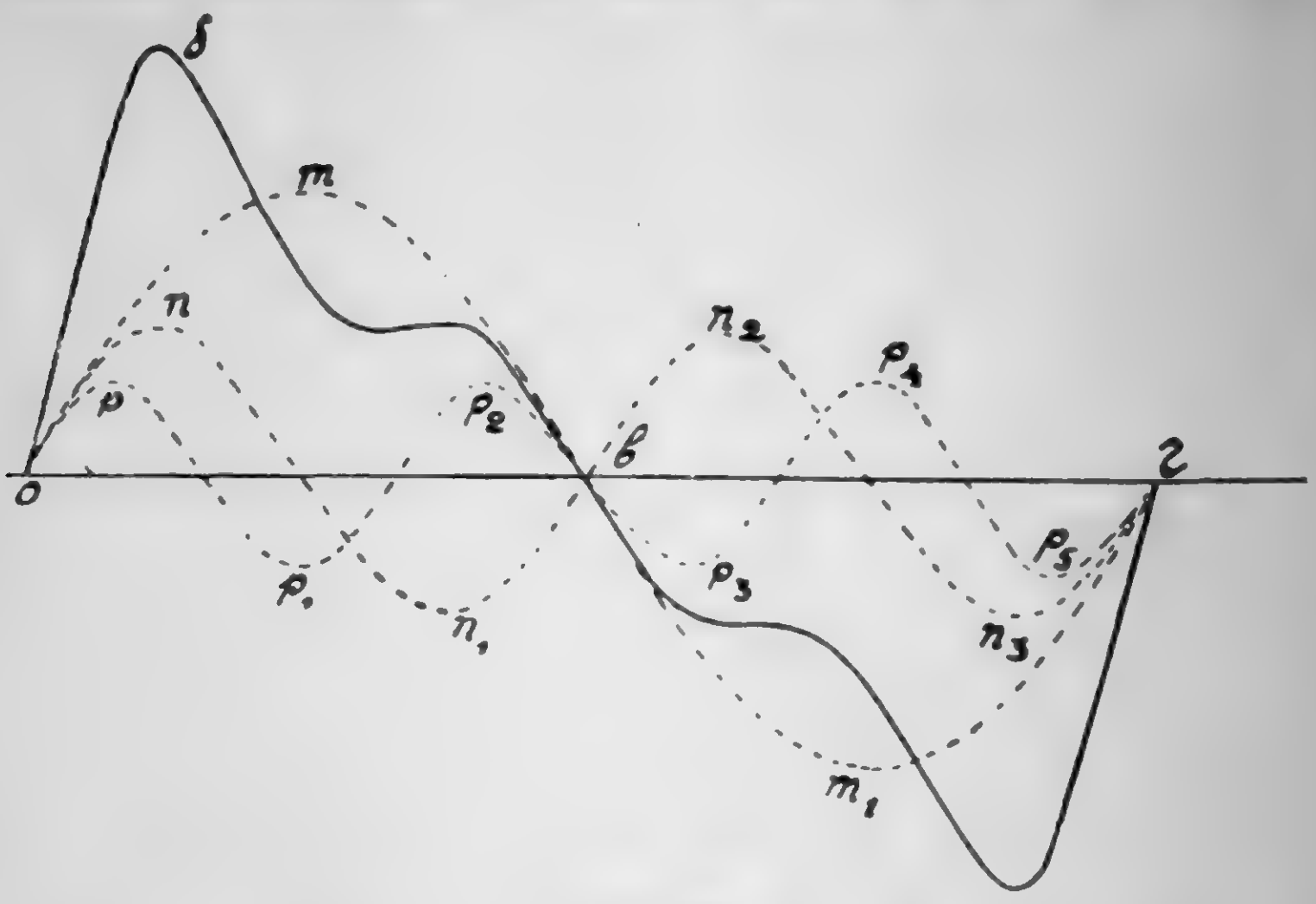
ным. Пока мы выговариваем одну гласную, например, *у*, на линии появится ток указанной на черт. 35 формы, при чем при нормальном разговоре, пока мы произносим гласную, ее ток успеет повториться на линии, примерно, раз восемь—десять (на черт. 35, кривая *у* повторяется три раза, кривая *о*—четыре и т. д.). При разговоре гласные и согласные



Черт. 35.

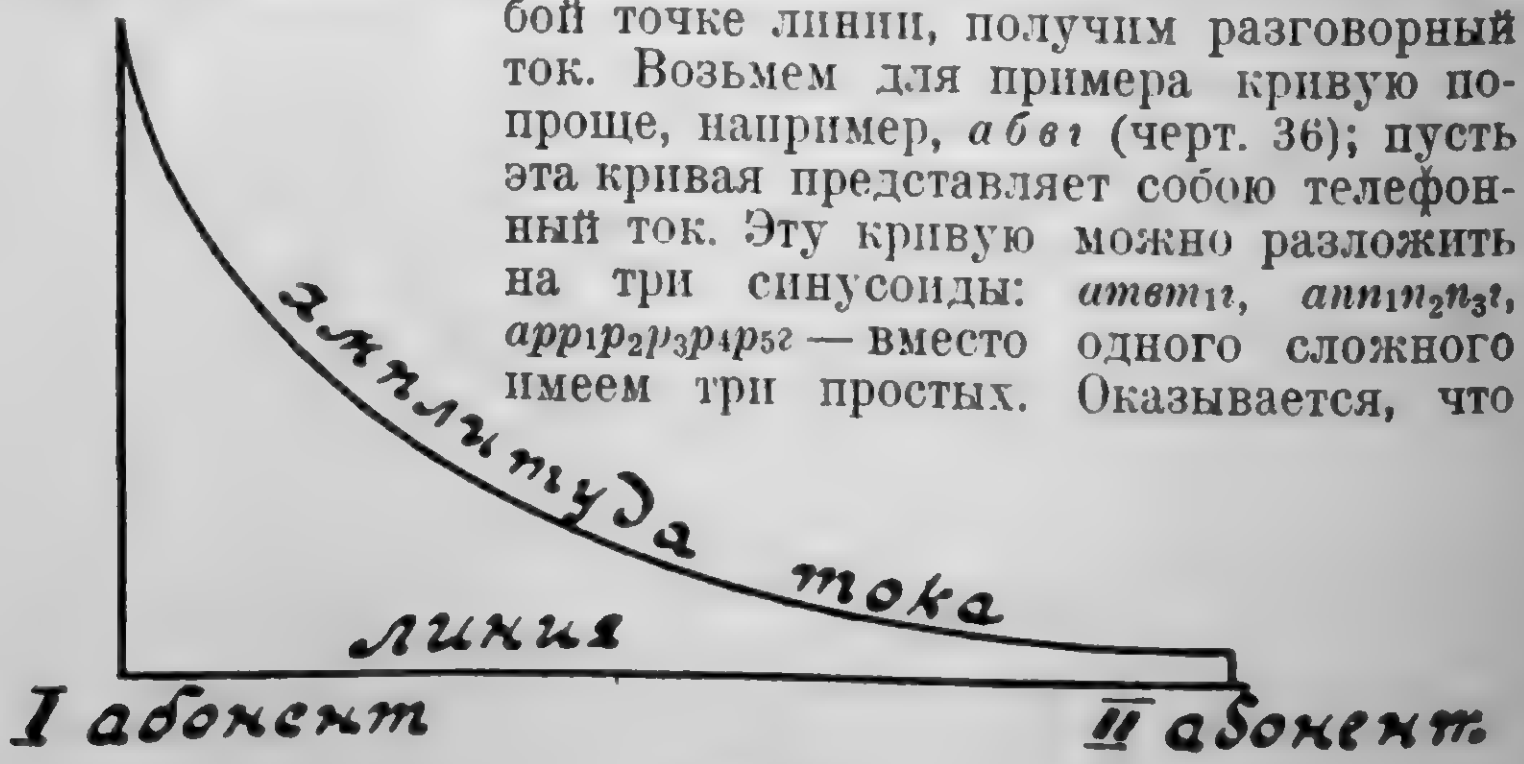
чередуются, принимают всевозможные сочетания, так же чередуются и соответствующие им токи. На линии получается весьма сложный телефонный ток. Но, как бы ни был сложен периодически повторяющийся ток, его можно разложить на ряд простых синусоидальных токов. Кривую *а*, например, можно разложить на 15 синусоидальных кривых, при чем самый большой размах будет у пятой синусоиды; самый большой размах для кривой *у* будет у второй сину-

сонды; у кривой *о*—четвертой синусоиды и т. д. Сложив опять эти синусоиды, получим ту букву, из которой исходили. Таким образом, передаваемый по телефонной линии сложный разговорный ток может быть заменен рядом про-



Черт. 36.

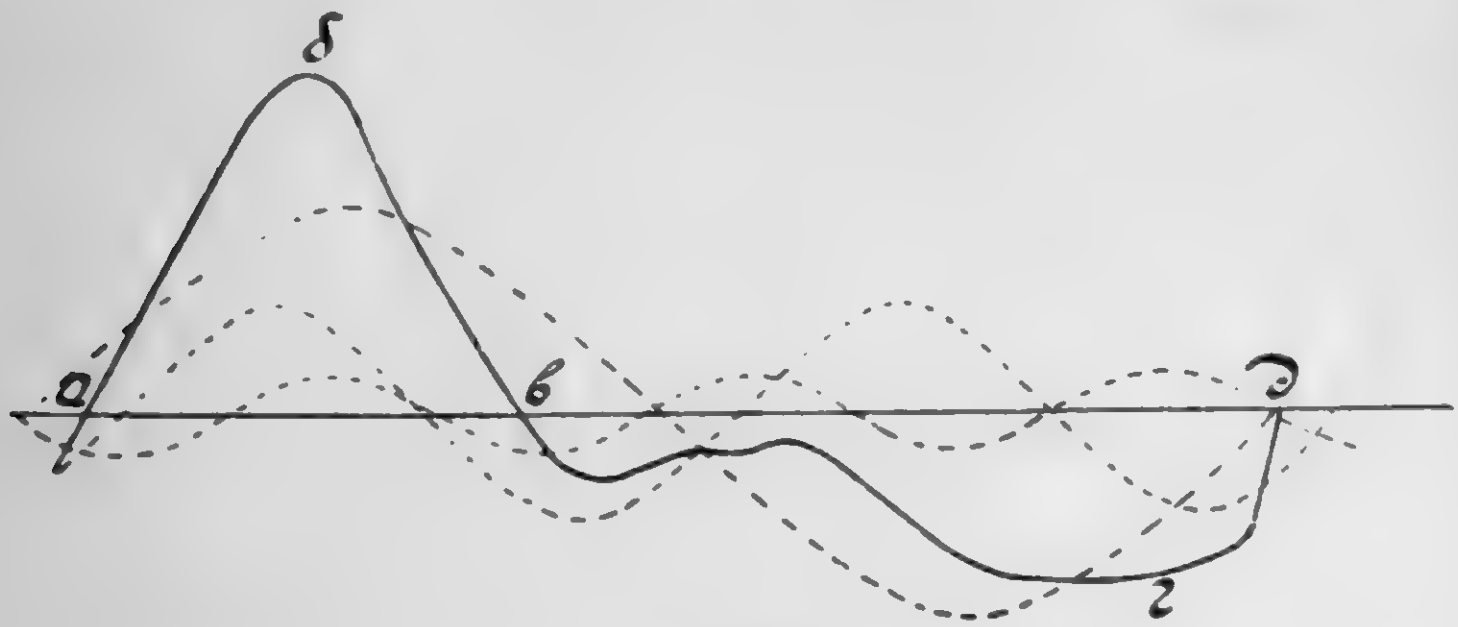
стых синусоидальных токов, одновременно распространяющихся по линии; сложив все эти синусоидальные токи в любой точке линии, получим разговорный ток. Возьмем для примера кривую попроще, например, *а б в г* (черт. 36); пусть эта кривая представляет собою телефонный ток. Эту кривую можно разложить на три синусоиды: $атвт_1г$, $апп_1п_2п_3г$, $арр_1р_2р_3р_4р_5г$ — вместо одного сложного имеем три простых. Оказывается, что



Черт. 37.

при распространении по телефонной линии простого синусоидального тока, его амплитуда (размах) все время уменьшается (черт. 37), при чем величина уменьшения амплитуды (размаха) зависит от частоты тока; помимо

этого, от частоты тока зависит и скорость его распространения по линии. Взятая нами кривая *абвг* (черт. 36) распалась на три синусоидальных тока с разными амплитудами и частотой. Передаваться по линии эти три тока будут с различной скоростью; следовательно, достигнув конца линии, они будут занимать уже другое положение друг относительно друга; кроме того, их амплитуды уменьшатся не одинаково (это только и важно при телефонной передаче).



Черт. 38.

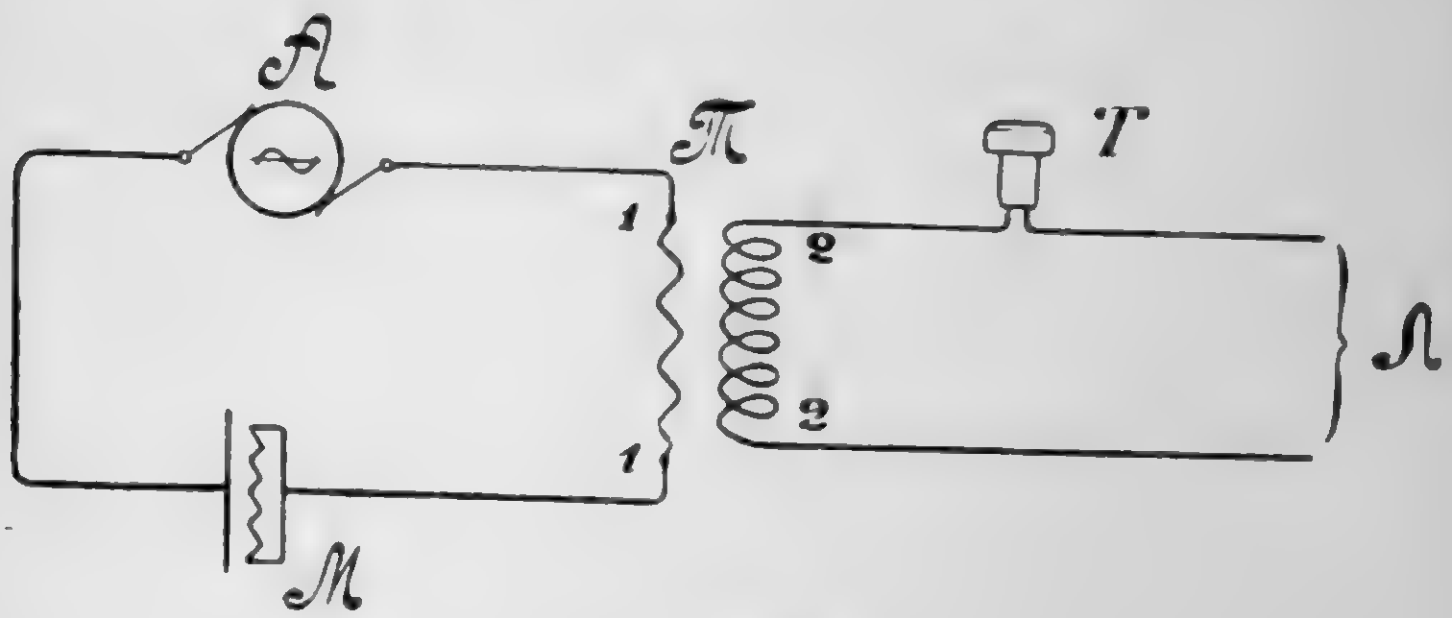
Если сложить эти токи в конце линии, то получится разговорный ток, значительно отличающийся от того, который был послан с начала линии. Действительно, кривая разговорного тока в конце линии *абвгд* (черт. 38) совсем не похожа на кривую тока в начале линии *абвгд* (черт. 36). В зависимости от электрических свойств линии это искажение кривой разговорного тока меняется. Принимаются разные меры для того, чтобы уменьшить это искажение, например,—пупинизация линии, которая в то же время ослабляет и падение амплитуд (размах) тока вдоль линии, но совсем избежать искажения нельзя. Искажение же кривой разговорного тока (зависящее от соотношения амплитуд составляющих) влечет за собой изменение тембра голоса абонента и ослабляет ясность понимания передаваемой речи.

Помимо этого, с передачей речи общепринятым методом телефонирования связано еще влияние соседних проводов, индукция, избежать которой весьма трудно.

Телефонирование быстропеременными токами.

Представим себе теперь, что микрофонную цепь мы питаем не постоянным током, а переменным (черт. 39). При

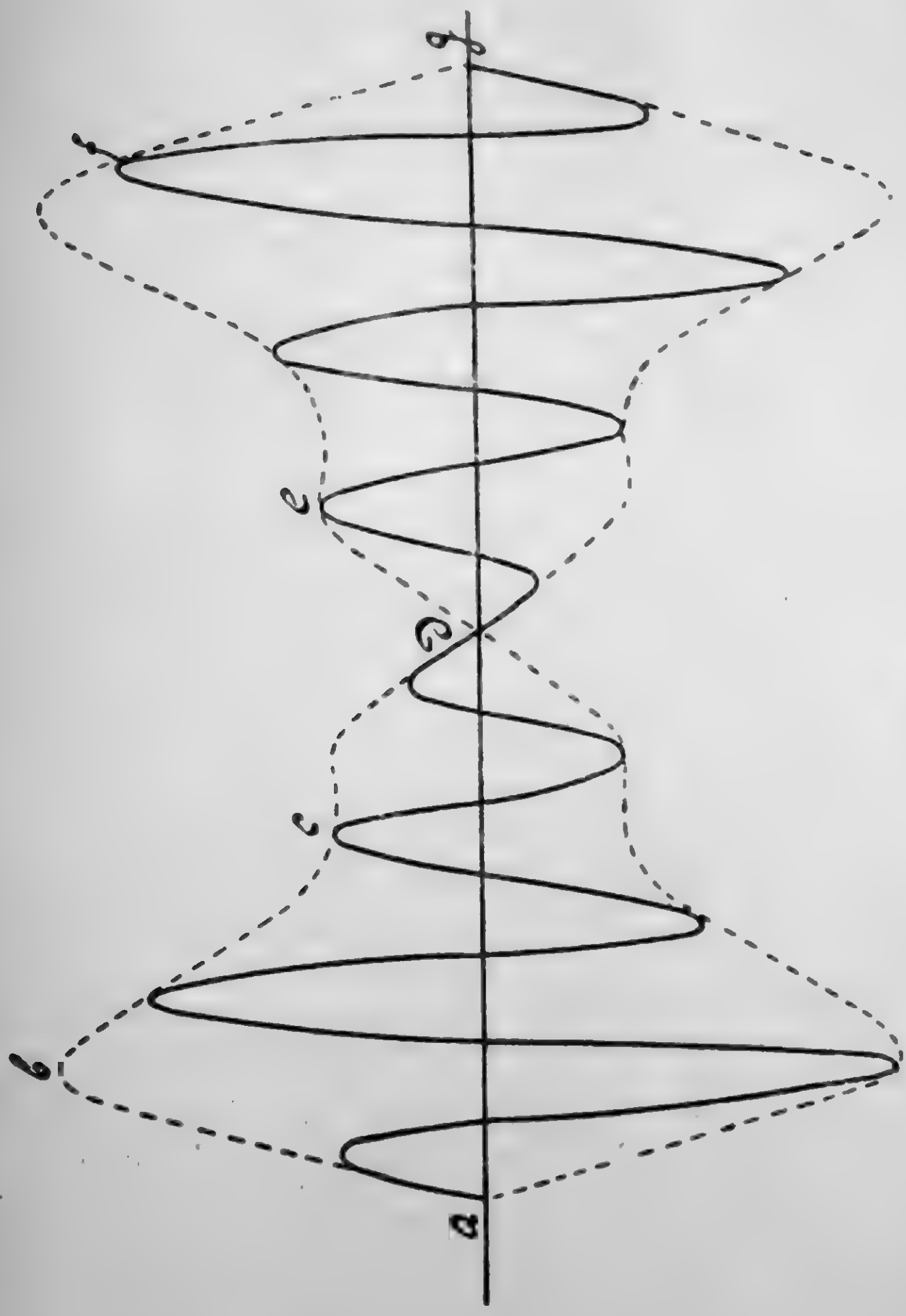
постоянном токе в микрофонной цепи телефон молчит в те моменты, когда микрофон в покое, так как в этом случае магнитный поток в сердечнике микрофонного трансформатора не меняется, и во вторичной обмотке трансформатора электродвижущие силы не индуктируются. При питании микрофона переменным током, магнитный поток в сердечнике микрофонного трансформатора непрерывно меняется, во вторичной обмотке непрерывно действует электродвижущая сила и через обмотки телефона непрерывно же течет переменный ток. Под влиянием этого тока мембрана теле-



Черт. 39.

фона придет в колебательное движение, и телефон гудит с высотой тона, зависящей от частоты переменного тока. Пусть частота тока повышается, высота тона телефона будет также повышаться, амплитуда же колебаний мембраны телефона уменьшается. Наше ухо способно воспринимать тона не выше определенного предела. Для большинства людей этот предел определяется частотой в 15.000—20.000 периодов в секунду. Если бы даже амплитуда колебаний телефонной мембраны была достаточно велика, то и в этом случае при переменном токе, питающем микрофон, с частотой выше 20.000 периодов в сек., мы в телефон ничего не услышали бы. Но мембрана телефона, вследствие ее инерции при такой частоте, практически совсем не будет колебаться. Итак, чтобы телефон не отзывался на питающий микрофон переменный ток, необходимо, чтобы чистота тока была выше 15.000 периодов в сек. Будем теперь говорить перед микрофоном. Амплитуды переменного тока начнут меняться, через телефон *Т* (черт. 39) будет проходить переменный ток с меняющейся амплитудой (черт. 40). Как отзовется телефон на такой ток? При частоте тока свыше 20.000 периодов в сек. этот ток, как симметричный, совсем не будет действо-

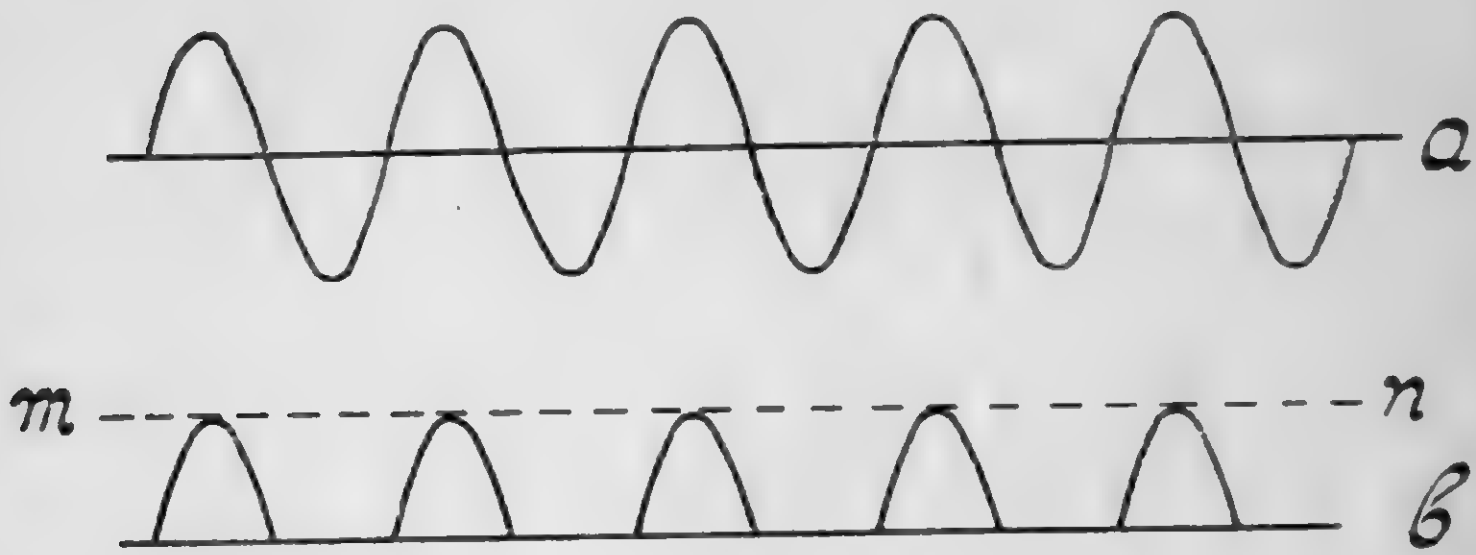
вать на телефон. Какая же польза в питании микрофона переменным током, когда телефон не отзывается на изменения, вносимые в него микрофоном? Чтобы ответить на



Черт. 40.

этот вопрос, обратимся к черт. 41. При весьма большой частоте, как мы уже видели, телефон не может отозваться на переменный ток, вполне симметричный по отношению к нулевым точкам (черт. 41).

Нарушим эту симметрию. Снимем, например, каким-либо образом отрицательную часть тока (черт. 41). Теперь мы уже имеем не переменный ток, а пульсирующий ток, не меняющий своего направления. При весьма большой частоте перерывы между отдельными импульсами тока будут совсем неощутительны для телефона. Говоря образно, для телефона создается впечатление не прерывистого тока, а непрерывного постоянного (пунктир на черт. 41). Получается то же явление, как при действии весьма быстро пульсирующего света на глаз,—мы не заметим этих пульсаций, и свет



Черт. 41.

представится непрерывным (питание лампочек переменным током). Итак, выпрямленный быстропеременный ток производит на телефон то же действие, как постоянный. Для выпрямления быстропеременного тока может быть применен кристаллический детектор, применяемый в беспроволочном телеграфе, катодный выпрямитель и др. Если выпрямить ток (черт. 40), то телефон отзовется на такой ток совершенно так же, как если бы через него протекал непрерывный ток одного направления, меняющийся по силе так, как показано на черт. 40 пунктирной кривой *авсдефg*. Таким образом, речь, передаваемая помощью переменного тока, может быть воспринята электромагнитным телефонным приемником лишь по выпрямлении тока.

Теперь нам понятен принцип телефонирования быстропеременным током, но, может быть, не совсем еще улавли-

ваются преимущества этого нового метода телефонирования перед старым.

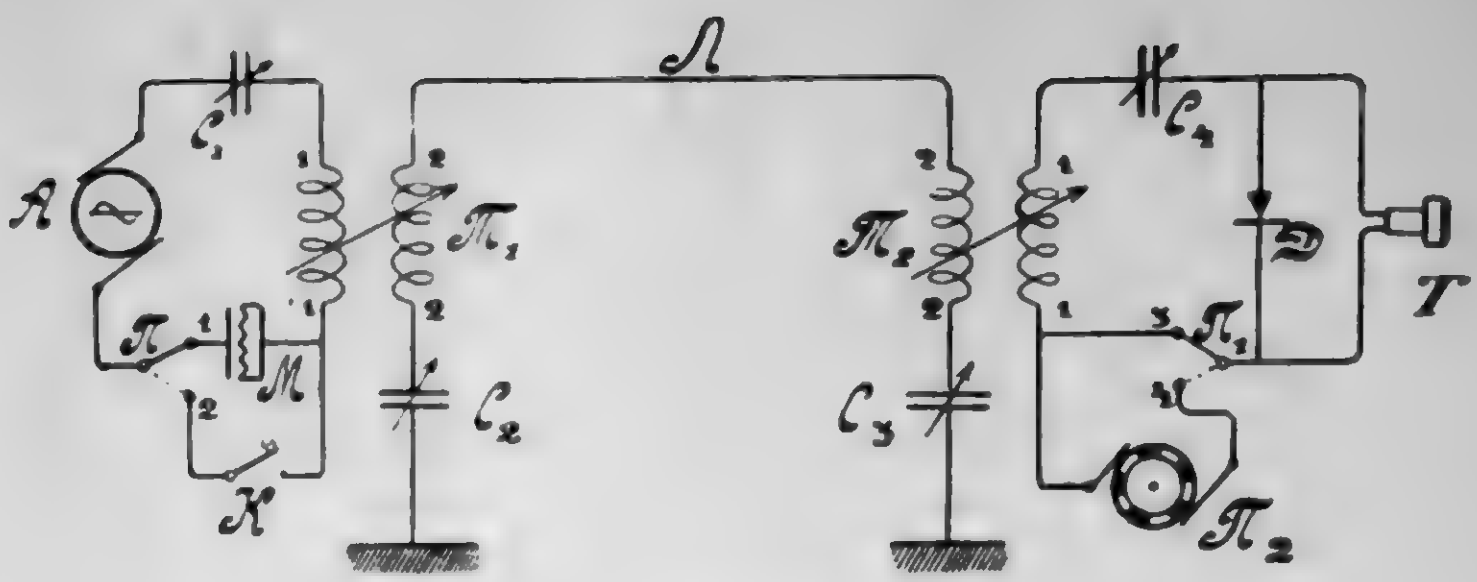
Вспомним, что искажение разговорного тока при обычном способе телефонирования зависит от того, что составляющие разговорный ток синусоидально переменные токи неодинаково затухают по длине провода и не одинаково быстро переносятся. При телефонировании быстропеременным током передается по проводу лишь одна частота; следовательно, нет причин искажения переносимой этим током речи. И действительно, сравнительные опыты на линиях показывают, что речь, переданная переменным током, значительно чище переданной обычным способом. Итак, первое преимущество телефонирования новым методом перед старым заключается в чистоте передаваемой речи.

Переменный ток, несущий речь, воспринимается на конце линии не непосредственно, а через особые электрические цепи, настроенные на данную частоту. Так как такая настроенная цепь может воспринимать только те переменные токи, частота которых совпадает с настроенной или близка к ней, то приемный аппарат, воспринимая передаваемый переменный ток, не может воспринять индукционные токи,—токи сравнительно малой частоты. Следовательно, при телефонировании быстропеременными токами нам не страшна индукция соседних проводов. Это—второе преимущество нового метода перед старым.

Многократное телефонирование.

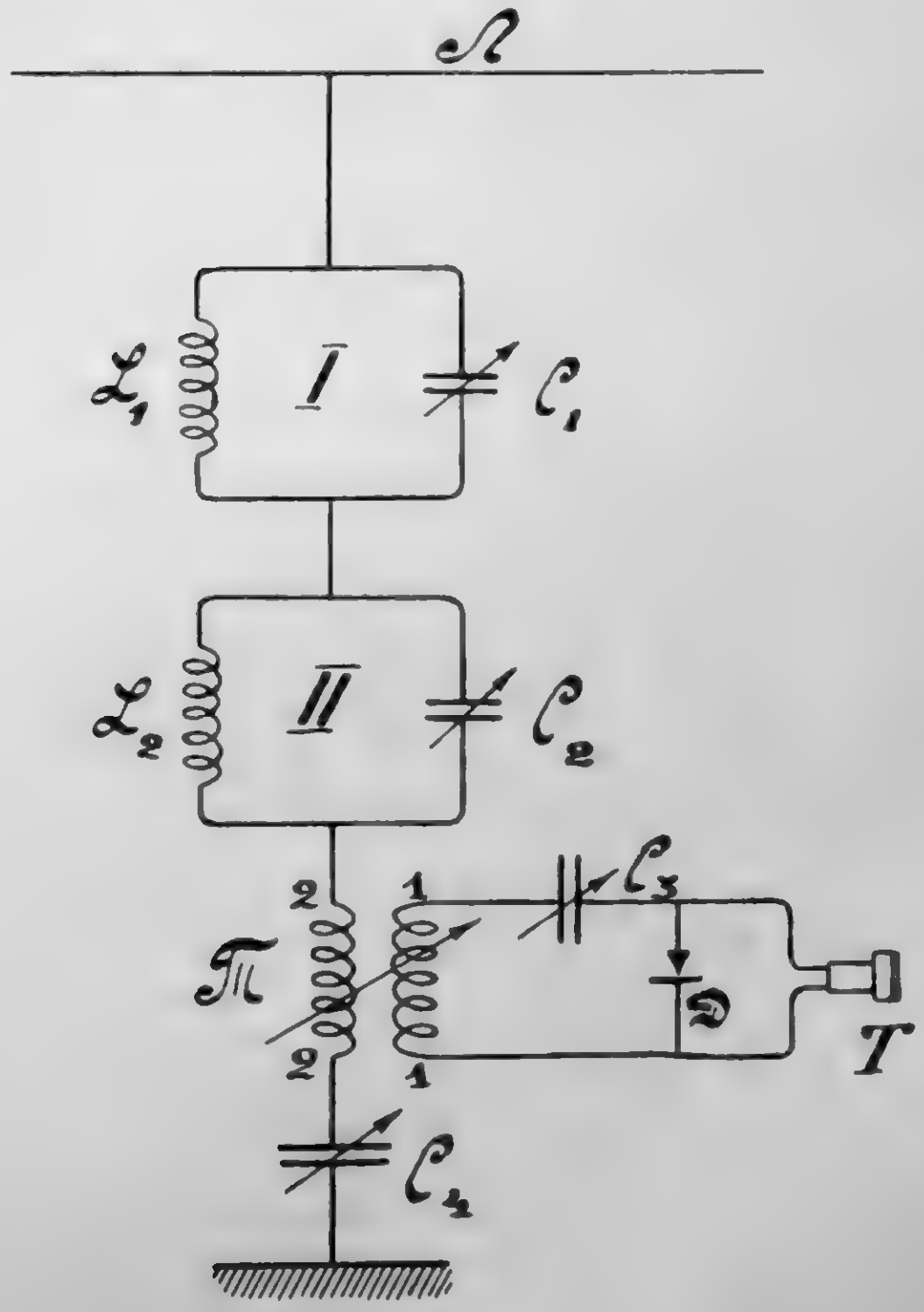
Чтобы разобраться в третьем, особенно важном преимуществе, — возможности многократного телефонирования,— перейдем к разбору схем передающего и приемного аппаратов. Рассмотрим схемы Ж. О. Сквайера, как первого изобретателя, перенесшего в 1910 году опыты с телефонированием быстропеременными токами из лаборатории на линию.

На черт. 42 показана схема телефонирования и телеграфирования. В качестве источника переменного тока с частотой около 20.000 периодов в сек. была взята двухкиловаттная динамо Александерсона с увеличенным расстоянием между статором и ротором, при чем мощность динамо уменьшалась до $^1/_8$ ее нормальной величины, т. е. до 0,25 кв. Но и такая мощность превосходила требуемую раз в десять; применяемая при опытах Сквайера мощность была около 20 ватт при 10 вольтах. Увеличение расстояния между статором и ротором вызывалось, главным образом, желанием уменьшить некоторые дефекты переменного тока, даваемого машиной



Черт. 42.

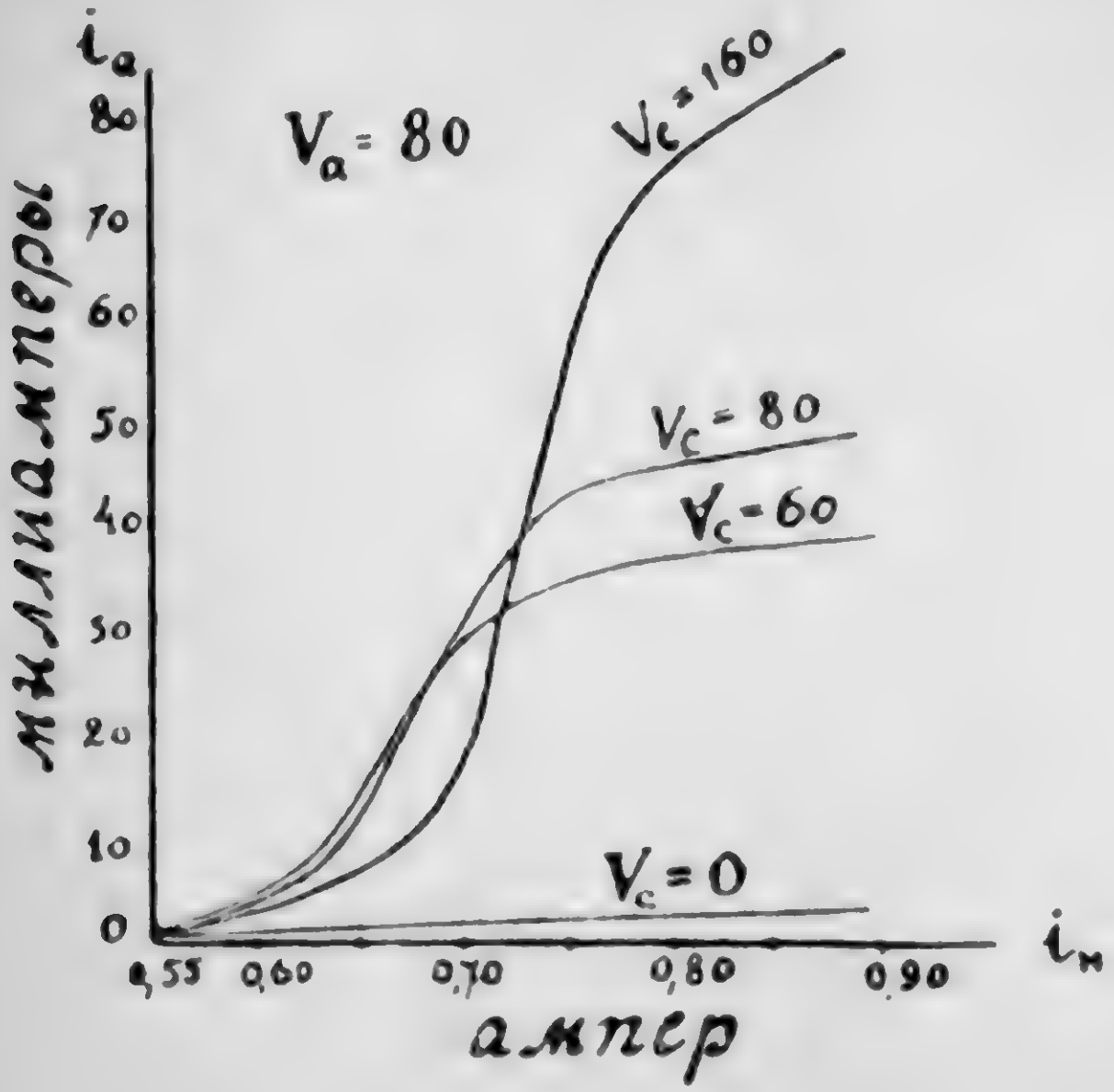
Александерсона, вызывавшие при нормальном расстоянии добавочные звуки в телефоне.



Черт. 43.

При постановке переключателей II и II_1 (черт. 42) на контакты 1 и 3 производится телефонирование, при постановке на контакты 2 и 4 —телеграфирование.

При телеграфировании обойтись на приемной станции одним только выпрямителем—детектором D—нельзя, так



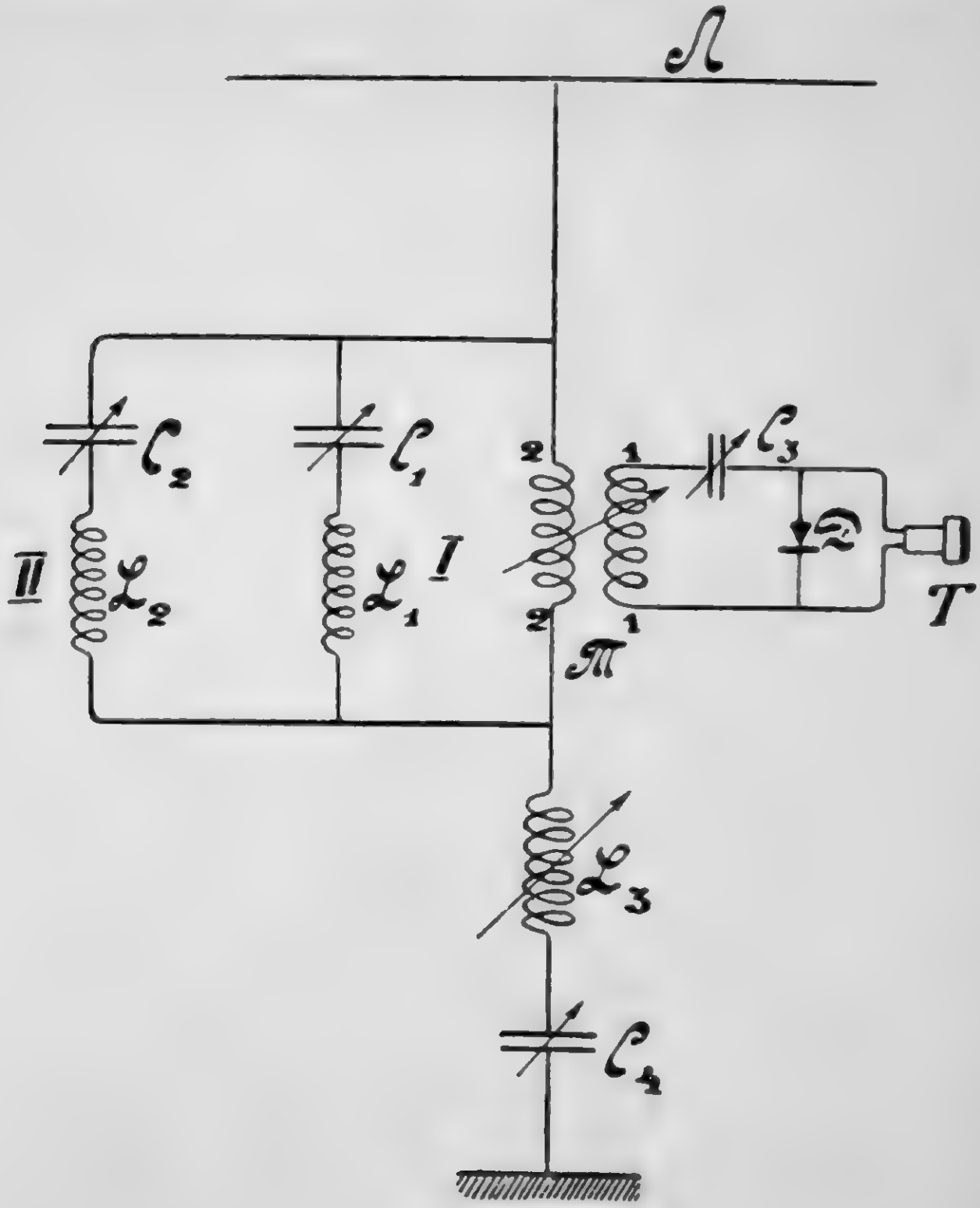
Черт. 43.

как изменения тока, вызываемые действием ключа Морзе K, воспринимались бы телефоном, как слабое щелканье. Для отчетливого восприятия посылаемых телеграфных токов, входящий переменный ток разбивают вращающимся прерывателем II_2 на ряд серий волн с числом серий в секунду до 450—500. Выпрямленный и прерывающийся с такой частотой ток дает в телефоне чистый музыкальный звук, перерывы которого будут соответствовать размыканиям ключа Морзе на передающей станции.

Как конденсаторы C_1, C_2, C_3, C_4, так и трансформаторы T_1 и T_2 позволяют менять их емкость и связь между обмотками, при чем трансформаторы берутся без железных сердечников.

Для избирательного приема при многократном телефонировании, Ж. О. Сквайер предложил несколько схем, из которых рассмотрим две (черт. 43 и 44).

Пусть по одному и тому же проводу передаются три разговора, при чем каждый разговор переносится переменным током со своей особой частотой, например, один разговор переносится током с частотой 20.000 периодов в сек., второй



Черт. 44.

35.000 периодов в сек. и третий 50.000 периодов в сек. Следовательно, по проводу одновременно пробегают три тока с разной частотой. Приемный телефон должен извлечь из них один с некоторой определенной частотой.

Последовательно и параллельно с трансформатором *T* соединяем две цепи I и II (черт. 43 и 44), настроенные в резонанс с токами, частота которых отличается от воспринимаемого. В этом случае вся ветвь, подключенная к проводу, будет электрически недоступна для токов, в резонанс

с которыми настроены данные цепи. Присутствие же этих цепей в ветви, воспринимающей ток большой частоты, не мешает настройке этой ветви на заданную частоту. Через рассматриваемую ветвь будет проходить только желаемый ток. Таким образом, подключаемая к линии ветвь является особого рода электрическим фильтром, пропускающим только определенной частоты ток.

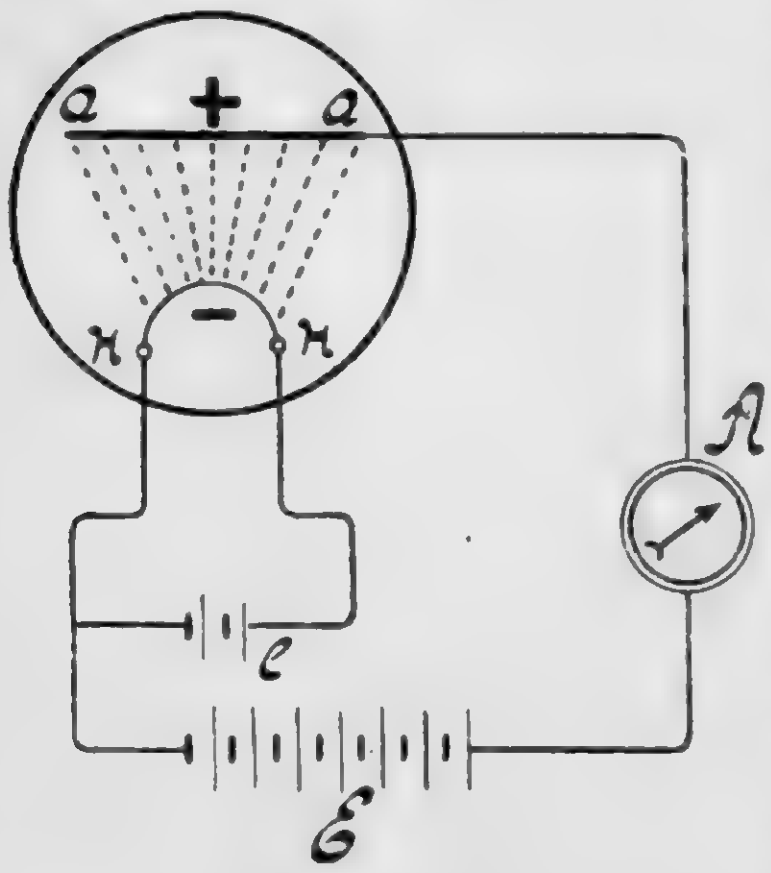
Со времени Н. О. Сквайера техника сделала громадные успехи. Появилась и прочно привилась во всех областях техники связи катодная лампа, как усилитель весьма слабых токов, выпрямитель переменных токов и генератор незатухающих переменных токов. Громоздкие динамо, с которыми приходилось иметь дело Сквайеру, заменились изящными катодными генераторами, свободными от всех недостатков альтернатора. С разработкой катодных генераторов, новый метод телефонирования получил мощную опору; период опытных изысканий кончается, и телефонирование быстропеременными токами быстро прививается на практике.

Катодные лампы в качестве усилителей, выпрямителей и генераторов незатухающих колебаний.

Начало изобретения катодной лампы было сделано в 1884 г. Эдиссоном, который показал, что если в баллон лампочки накаливания ввести металлическую пластинку и соединить ее с положительным полюсом нити, то между пластинкой и нитью появится ток. В 1902—1903 г.г. Ричардсон опубликовал свою теорию термионной передачи электронов и своим трудом значительно подготовил почву для изобретения катодного усилителя. В 1904 г. Венельт показал, что термионная передача от проводников, покрытых определенными окислами, больше, чем таковая же от чистых металлов. В 1905 г. тот же Венельт и Флеминг одновременно предложили двухэлектродный выпрямитель. В 1906 г. де-Форест показал, что разряд между катодом и анодом может регулироваться добавочным электродом; в следующем же году в качестве такового добавочного электрода он предложил сетку,—все элементы катодной лампы были налицо. Катодная лампа состоит из накаленной нити $н — н$ (черт. 48), металлической сетки $с — с$ и металлической же пластины $а — а$, помещенных в сосуд, из которого выкачен воздух. Нить $н — н$ накаливается от батареи $е$, обычно 4—5 вольт.

Всякое накаленное тело испускает из себя электроны, которые Дж. Дж. Томпсон в своем докладе о проводимости электричества через газы (в 1903 г.) сравнивает с частицами идеального газа. Приводим собственные слова Дж. Дж. Томпсона: „Отщепление частиц от раскаленных металлов и

угля легко объясняется тем предположением,— для которого мы находим подтверждение во многих других явлениях,— что частицы передвигаются через металлы и уголь не только, когда они находятся в раскаленном состоянии, но и при всех температурах. Будучи чрезвычайно малыми, они двигаются совершенно свободно, и можно предположить, что они ведут себя подобно совершенным газам, заключенным в объеме, равном объему металлу. Частицы притягиваются металлом, следовательно, для того, чтобы они могли отцепиться в окружающее пространство, кинетическая энергия их должна быть достаточной, чтобы они могли пробиться через тот слой поверхности, где притяжение частиц металлом особенно сильно. Если средняя кинетическая энергия



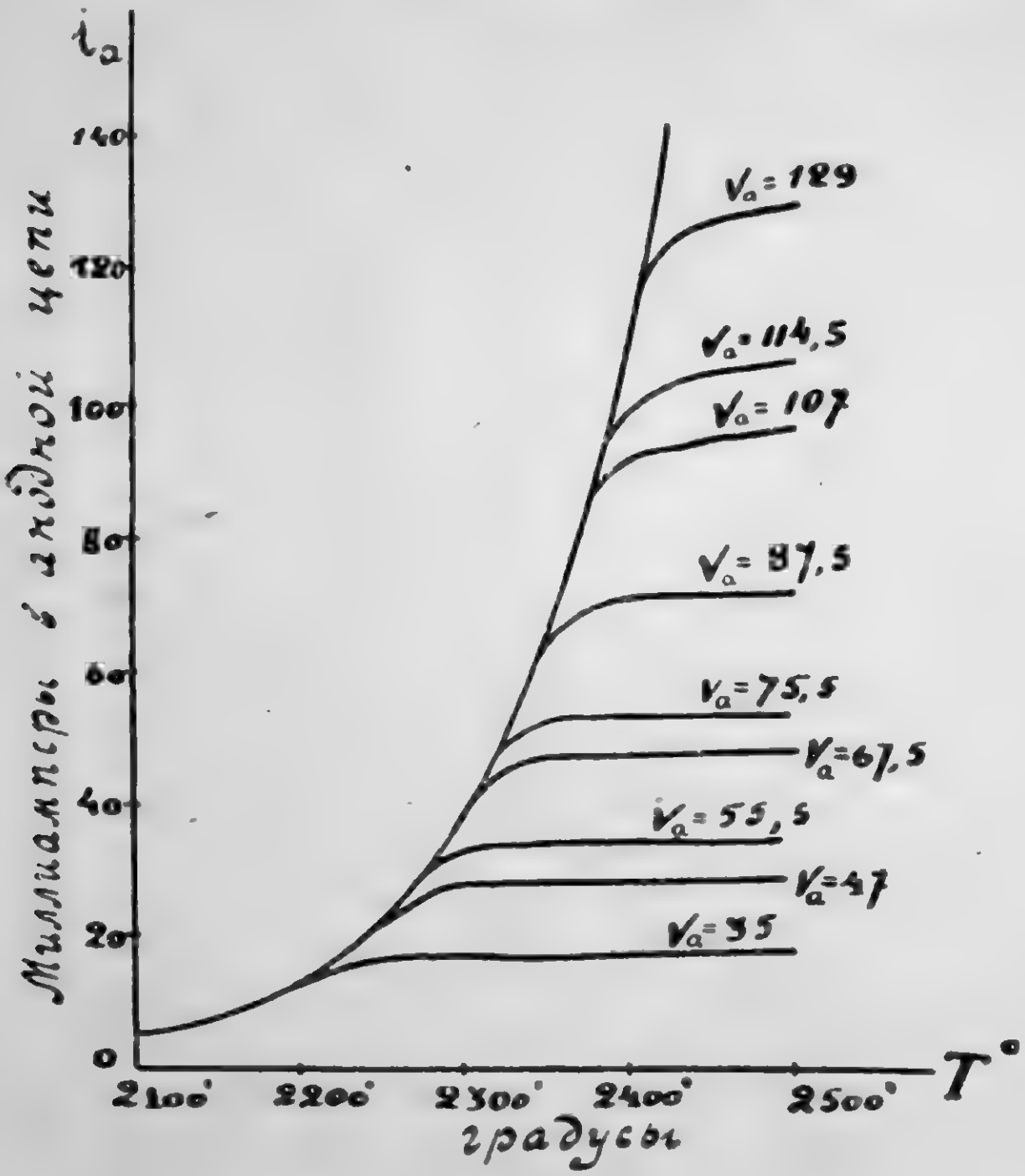
Черт. 45.

частицы, подобно частице совершенного газа, пропорциональна абсолютной температуре, то по мере повышения температуры все частицы в состоянии будут преодолеть притяжение металла и отцепиться в окружающее пространство".

По внешности получается то же явление, что при испарении жидкости. Жидкость испаряется при любой температуре, наприм., при комнатной; испаряются с поверхности металла и электроны при любой температуре, например, при комнатной. Чем выше температура жидкости, тем интенсивнее испаряется жидкость; чем выше температура металла, тем интенсивнее испаряются электроны. Если над поверхностью испаряющейся жидкости атмосфера совершенно спокойна, то испаряющиеся частицы образуют над поверхностью жидкости облачко пара, насыщающее прилегающее к жидкости пространство и приостанавливающее испарение; если испаряющий электроны металл не находится в сильном электрическом поле, увлекающем от поверхности металла испаряющиеся электроны, то последние образуют над поверхностью металла отрицательно наэлектризованное облачко электронов, возвращающее испаряющиеся электроны обратно в металл.

Чтобы испаряющиеся частицы жидкости удалялись от поверхности жидкости, надо увлечь их струей воздуха; чтобы испаряющиеся электроны удалялись от поверхности металла, надо увлечь их электрическим полем. Для этого со-

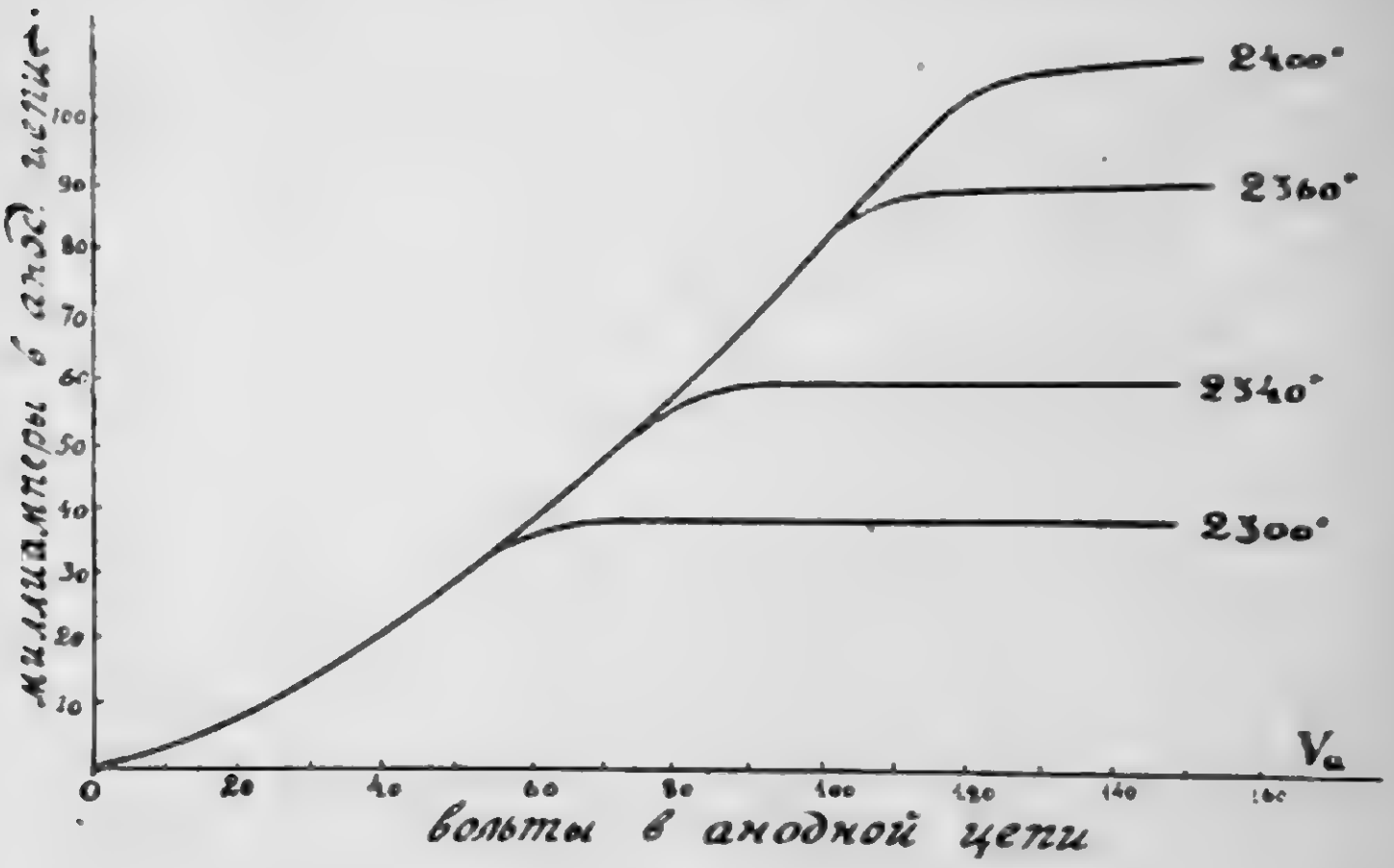
единим накаленный металл, например, вольфрамовую нить $н — н$ (черт. 45), (нить помещена в сосуд с выкаченным воздухом и накаливается током от батареи $е$) с отрицательным полюсом батареи E, положительный же полюс свяжем с металлической пластиной $а — а$; положительно наэлектризованная пластина будет увлекать электроны, между нитью $н — н$ и пластиной $а — а$ образуется поток электронов, — ка-



Черт. 46.

тодный поток,—и по цепи $н — е — E — A — а — н$ (цепь анода) будет проходить электрический ток, измеряемый, например, миллиамперметром A_a. Сила этого тока зависит, с одной стороны, от температуры нити, с другой,—от напряжения батареи E (батарея анода). Чертежи 46 (Радиотехник, № 7, стр. 141) и 47 показывают эти зависимости графически. Перед нами выявляются две особенности процесса. Сила анодного тока при некотором определенном анодном напряжении V_a (черт. 46) по мере увеличения температуры возрастает и стремится к некоторой постоянной величине, называемой „током на-

сыщения". Сила анодного тока при некоторой определенной температуре (черт. 47) возрастает по мере увеличения анодного напряжения, при чем не может превзойти некоторого определенного значения, зависящего только от температуры нити. И то и другое вполне понятно после изложенного выше. Определенной силы струя воздуха может в единицу времени увлечь не больше определенного числа выделившихся частиц пара (ср. с фиг. 46); и это предельное число частиц пара, увлекаемых струей, не зависит от температуры жидкости, следовательно, от числа испаряющихся частиц.

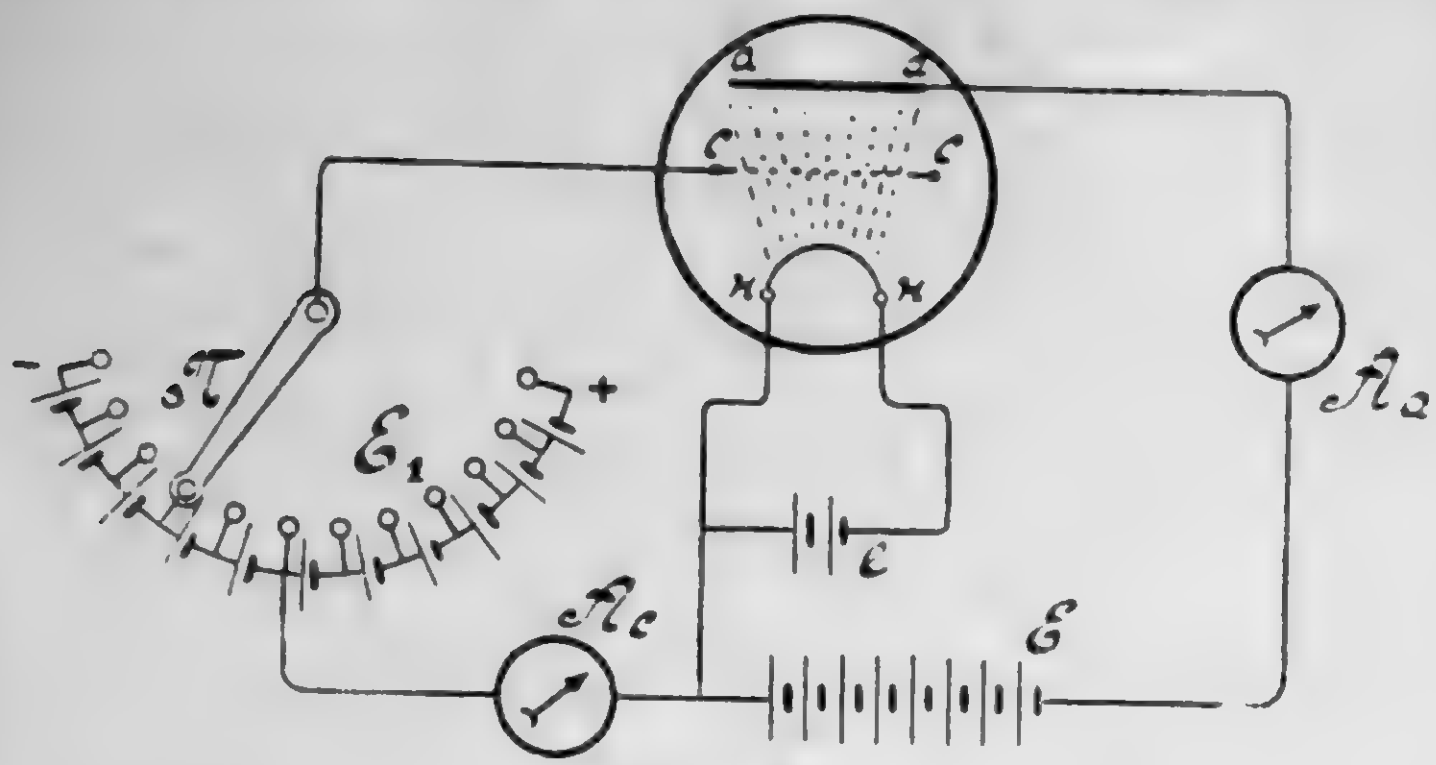


Черт. 47.

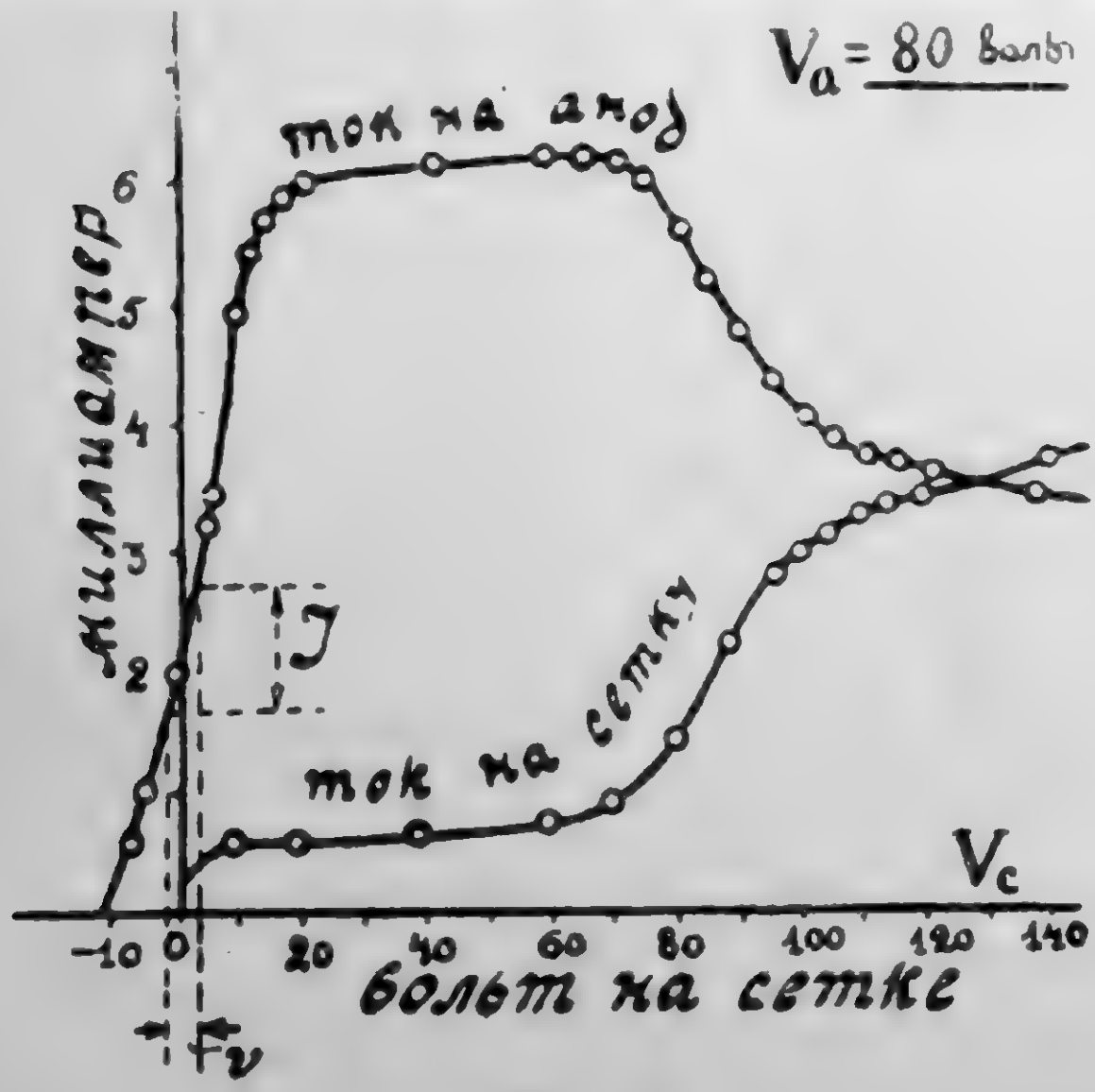
Пока это предельное число больше числа испаряющихся частиц, весь выделяющийся пар увлекается струей; с повышением температуры от поверхности жидкости отводится все больше и больше пара, пока число испаряющихся частиц не сравняется с числом частиц, которое может быть увлечено струей; при дальнейшем повышении температуры число отводимых частиц пара остается неизменным. Определенное электрическое поле (с определенным числом фарадовских трубок) не может увлечь больше определенного числа выделившихся электронов, вследствие чего при определенной температуре возникает ток насыщения.

Если струя воздуха слаба, то она не может отвести все выделяющееся количество пара (ср. с черт. 47); по мере же возрастания струи воздуха, количество увлекаемого пара возрастает; но как бы сильна струя воздуха ни была, она не может увлечь большее количество пара, чем выделяющееся. Чем сильнее электрическое поле, тем больше электро-

нов оно увлекает, но как бы ни было сильно поле, увлечь больше выделяющегося числа электронов оно не может.



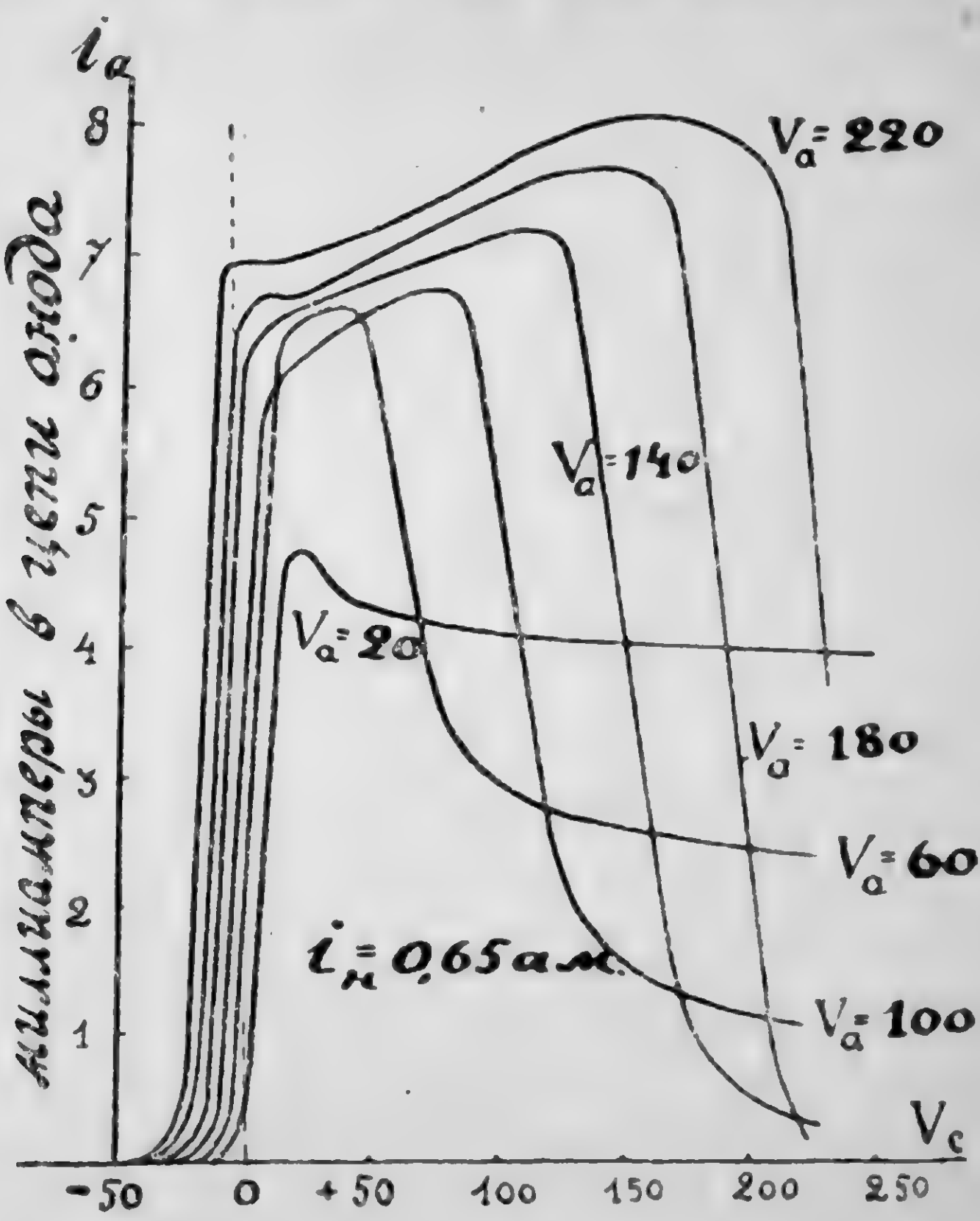
Таким образом, меняя температуру катода (нити) и анодное напряжение, мы можем получить желаемый катодный



Черт. 49.

поток. Если бы мы и могли малыми силами значительно менять катодный поток, то такой прибор послужил бы уси-

лителем слабых токов. Эта регулировка катодного потока производится электризацией металлической сетки $c — c$ (черт. 48), помещаемой между катодом $к — к$ и анодом $a — a$. Меняя электризацию сетки, мы изменим и величину катодного потока между нитью и анодом, следовательно, изменим и силу анодного тока i_a, измеряемого миллиампер-



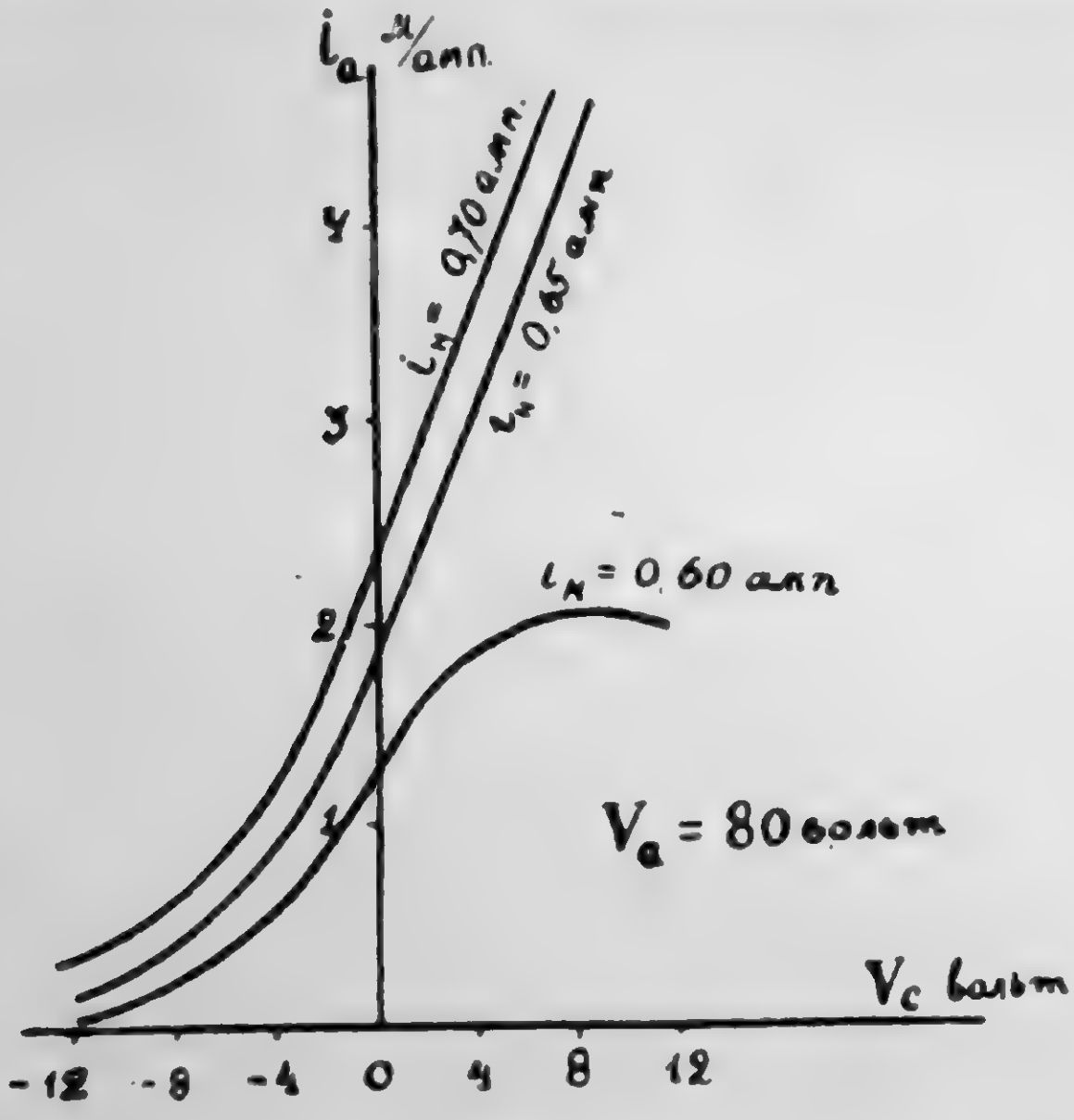
Черт. 50.

метром A_a. При положительной электризации сетки часть электронов попадает на сетку и создает в цепи сетки ток i_c, измеряемый миллиамперметром A_c.

Если на оси абсцисс откладывать напряжение, прикладываемое к сетке V_c (от батареи E_1), а на оси ординат силу тока в цепях анодной и сетки, то получим фигуру на черт. 49 (Телеграф и Телефон без проводов, № 10, 1921, стр. 417). Этот чертеж показывает, что малым изменениям потенциала

(V) на сетке могут соответствовать значительные изменения силы тока *(I)* в анодной цепи. Кривая черт. 49 (характеристика катодной лампы) получена при анодном напряжении $V_a = 80$ вольт.

При других значениях анодного напряжения, мы получим другие кривые. Зависимость характеристик катодных ламп от анодного напряжения показана на черт. 50 (Т. и т. б. пр., № 10, 1921, стр. 461). По мере увеличения анодного напряжения характеристика лампы, как показывает гра-



Черт. 51.

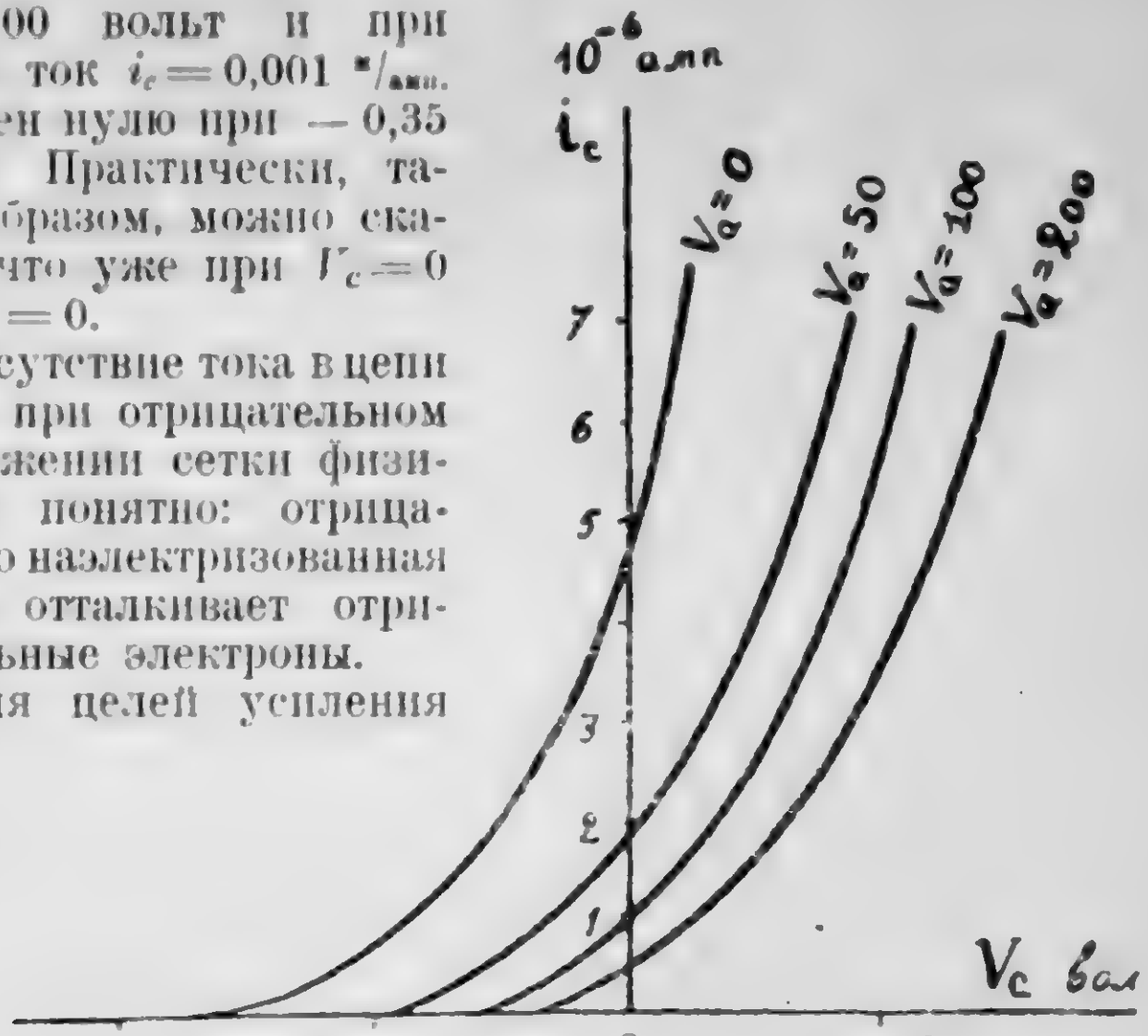
фик, сдвигается в сторону отрицательного потенциала сетки (по чертежу налево).

Тот же сдвиг налево характеристики мы можем получить, как показывает черт. 51 (Т. и т. б. пр., № 11, стр. 3), увеличивая ток $i_н$ накала нити при неизменном анодном напряжении V_a. На черт. 49 приведены ток на анод и ток на сетку. При отрицательно наэлектризованной сетке тока в цепи сетки, как показывает чертеж, нет. Строго говоря, следовало бы сказать: при определенном отрицательном потенциале на сетке ток в цепи сетки прекращается. Чертеж 52 (Electronen-Röhren von. Dr. Barkhausen, 1923 г., стр. 106) поясняет сказанное. При анодном напряжении $V_a = 50$ вольт,

ток в цепи сетки при нулевом напряжении на сетке равен приблизительно $i_c = 0{,}002$ $^{ма}/_{амп.}$ и совсем прекращается только при $V_c = -0{,}5$ вольт; при $V_a = 100$ вольт и при $V_c = 0$ ток $i_c = 0{,}001$ $^{ма}/_{амп.}$ и равен нулю при $-0{,}35$ вольт. Практически, таким образом, можно сказать, что уже при $V_c = 0$ ток $i_c = 0$.

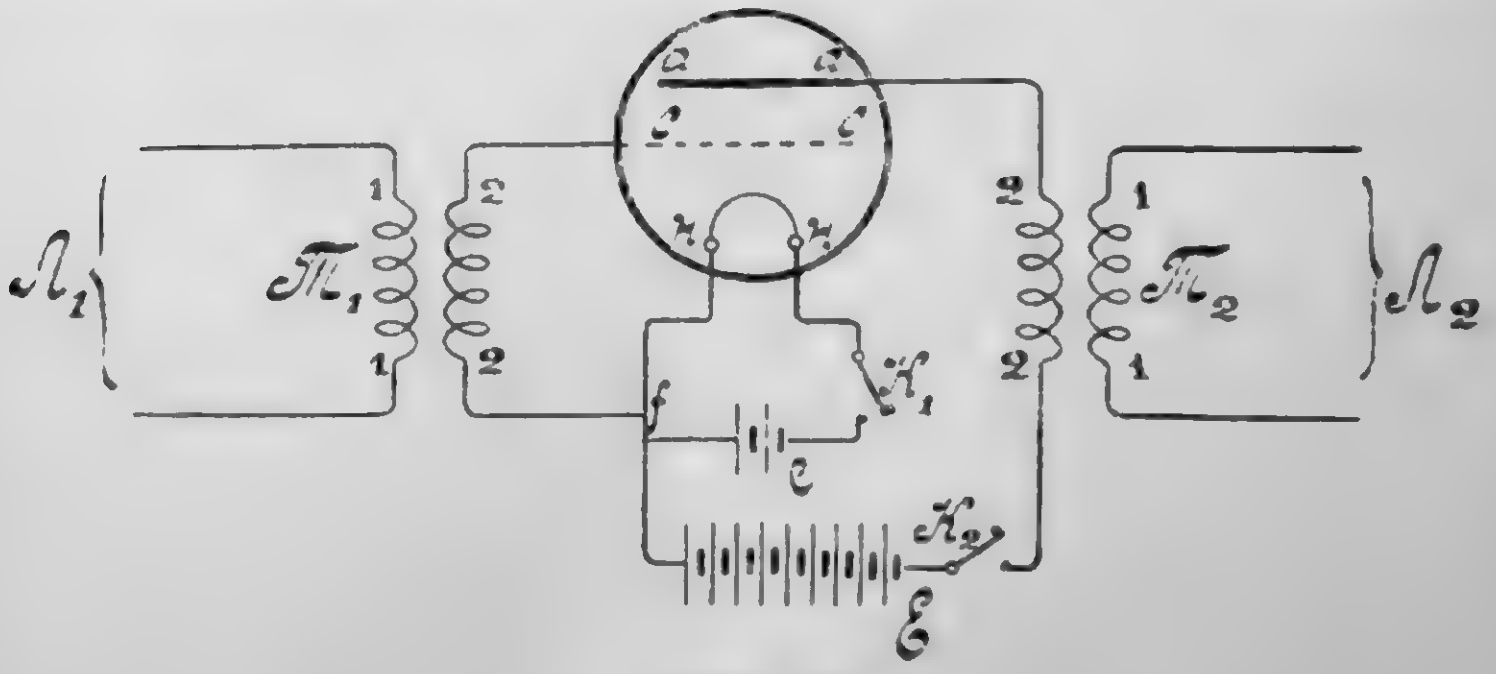
Отсутствие тока в цепи сетки при отрицательном напряжении сетки физически понятно: отрицательно наэлектризованная сетка отталкивает отрицательные электроны.

Для целей усиления



Черт. 52.

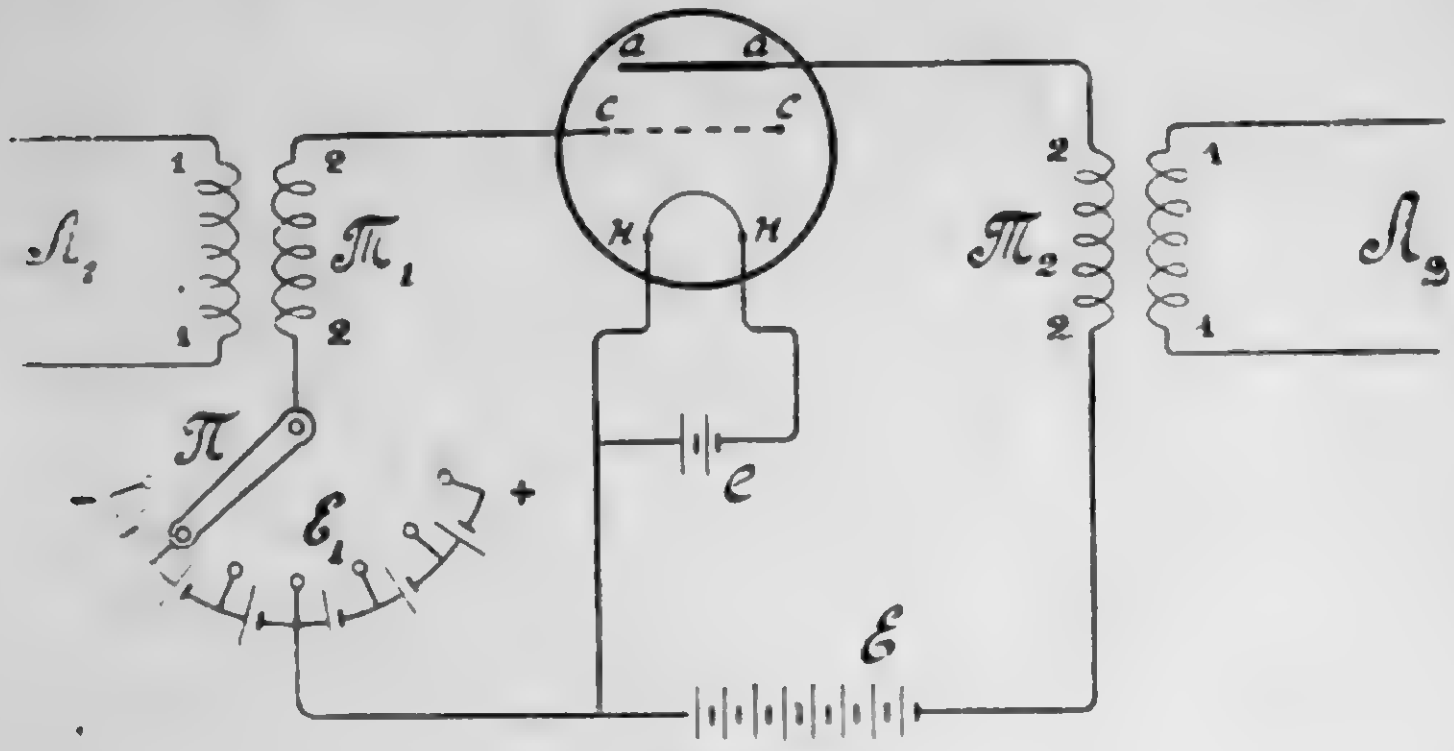
нам интересна только восходящая часть кривой характеристики лампы. Чем круче эта часть, тем больше усиление.



Черт. 53.

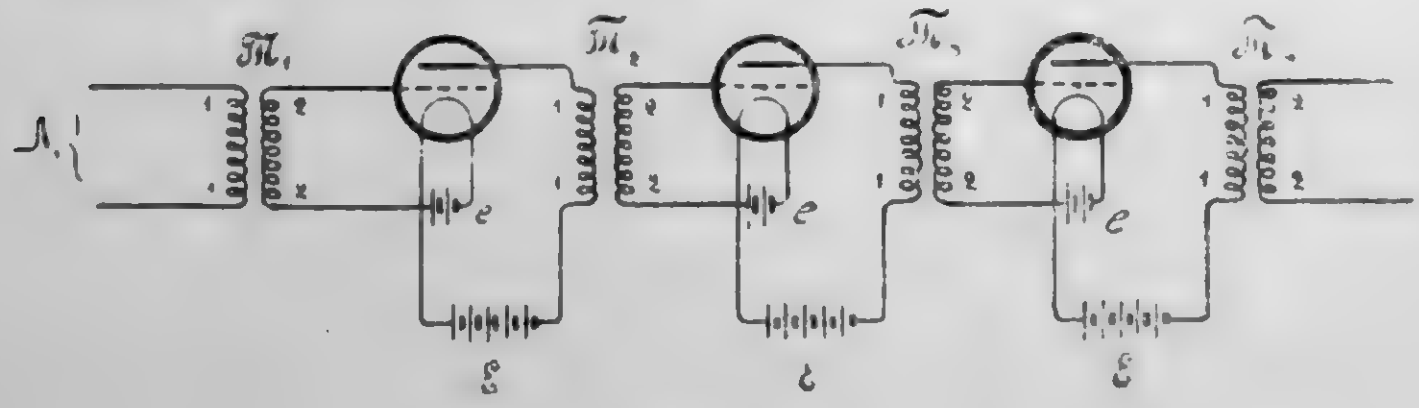
Наиболее выгодны условия работы на средней части восходящей ветви (на точке перегиба кривой).

Соединим теперь сетку через трансформатор T_1 (черт. 53) с телефонной линией; анодную же цепь свяжем через трансформатор T_2 или с другой линией, или с телефоном. Входящий с линии $Л_1$ телефонный ток будет переменно электризовать сетку лампы, следовательно, соответственным обра-



Черт. 54.

зом будет меняться и ток анодной цепи. Если работа происходит на средней части восходящей ветви характеристики линии (черт. 49), то в анодной цепи, а следовательно, и в линии $Л_2$ мы получим усиленный телефонный ток. Если середина восходящей ветви характеристики не пересекает



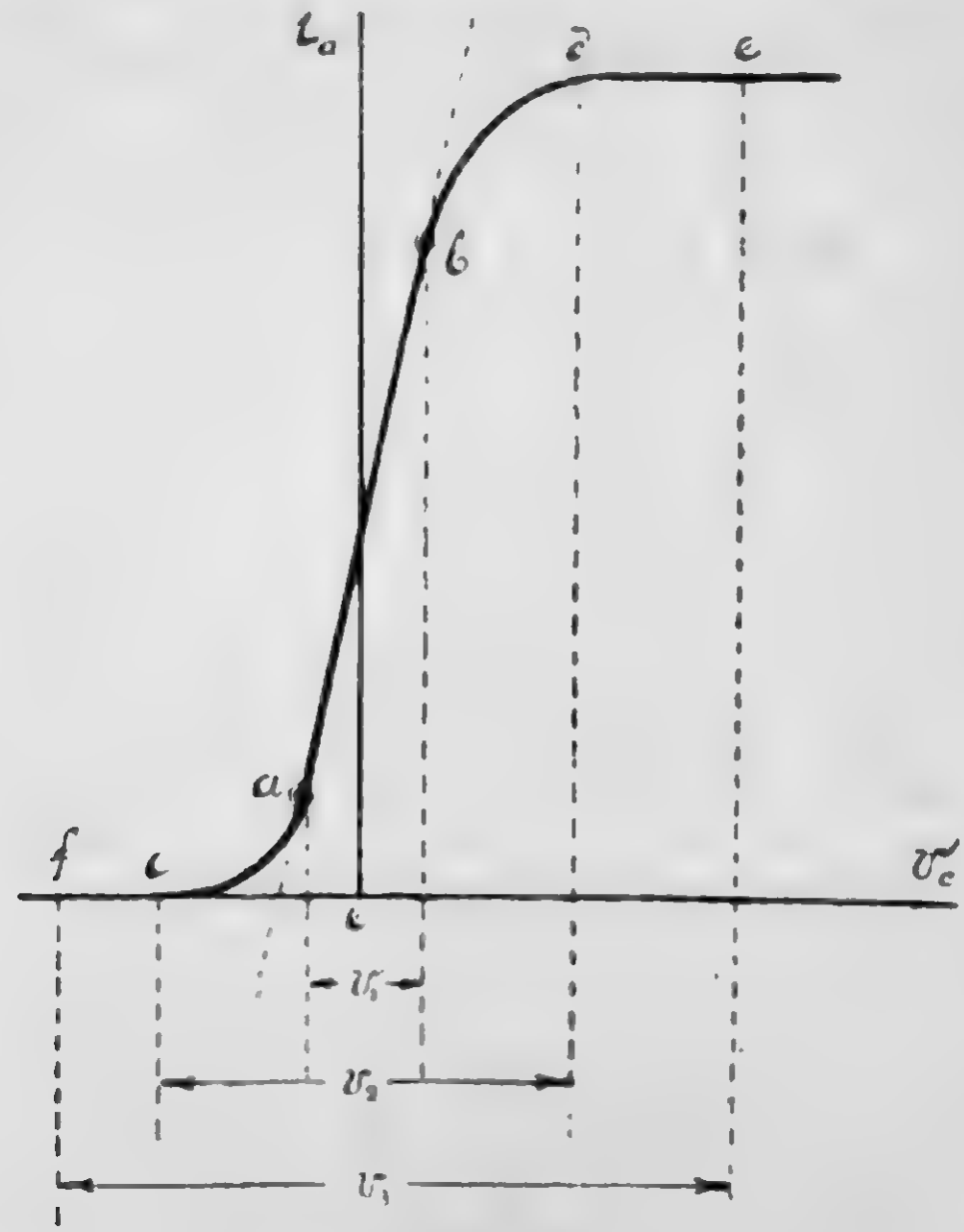
Черт. 55.

оси ординат, то в цепь сетки и обмотки 2—2 придется ввести добавочное напряжение. При работе с характеристикой, соответствующей на черт. 50 анодному напряжению $V_a = 20$ вольт, в цепь сетки необходимо ввести батарею с положительным полюсом, связанным с сеткой; при работе с характеристикой $V_a = 220$ вольт с сеткой придется связать отрицательный полюс добавочной батареи (черт. 54).

Усилив слабый ток одной катодной лампой, мы можем усиленный ток усилить еще второй лампой (черт. 55), затем

третьей, четвертой, пятой и т. д. Пусть первая лампа усилила ток в 5 раз, вторая еще в 5 раз, всего, значит, в 25 раз; третья еще в 5 раз,—следовательно, общее усиление в 125 раз; четвертая еще в 5 раз, в итоге в 625 раз и т. д.

Есть ли предел усиления катодными лампами? Ответ дает характеристика лампы. Каждый усиливаемый ток создает между сеткой и нитью некоторую разность потенциалов v_c, тем большую, чем больше усиливаемый ток. Пока эта раз-



Черт. 56.

ность потенциалов v_c не превосходит v_1, ограниченную ординатами крайних точек a и b (черт. 56) прямолинейного участка характеристики, до тех пор усиление остается неизменным,—например, первая лампа усилила в 5 раз, вторая тоже в 5 раз, третья тоже в 5 раз.

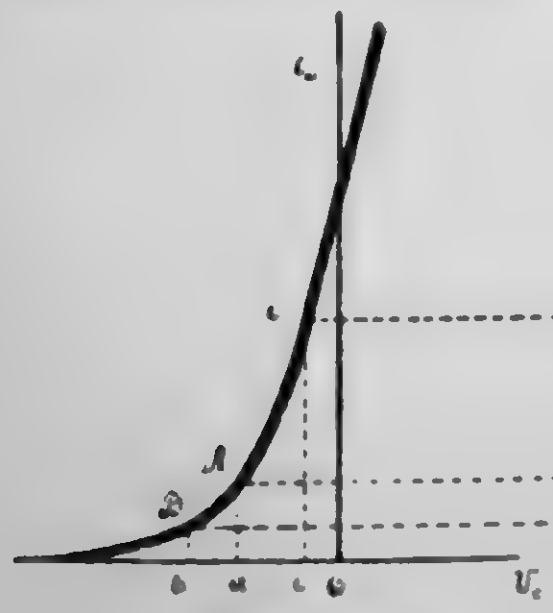
Когда разность потенциалов v_c превзойдет v_1 и, по мере увеличения, будет стремиться к v_2, усиление уменьшается и стремится к нулю (уменьшение усиления будет еще сопровождаться искажением усиливаемого тока),—например. четвертая лампа в $4^1/_2$ раза, пятая в 4 раза, шестая в 3 раза и т. д. При разности потенциалов $v_c > v_2$ усиления совсем не будет. Графически это представится кривой AB (черт. 57).

Как велико фактическое усиление катодных ламп, например, французского типа? Степень усиления, то-есть, отношения усиленной энергии к энергии, доставленной к лампе, равно: $m = \frac{s \cdot g}{4} .10^6$, где s равно тангенсу угла наклона характеристики и g--коэффициент, показывающий, во сколько раз сильнее действовало бы напряжение, если бы оно было перенесено с анода на сетку. Для французских ламп в среднем можно считать $g=8$ и $s=0{,}32 . 10^{-3}$ $\frac{\text{ампер}}{\text{вольт}}$; подставляя, находим: $m=74$.

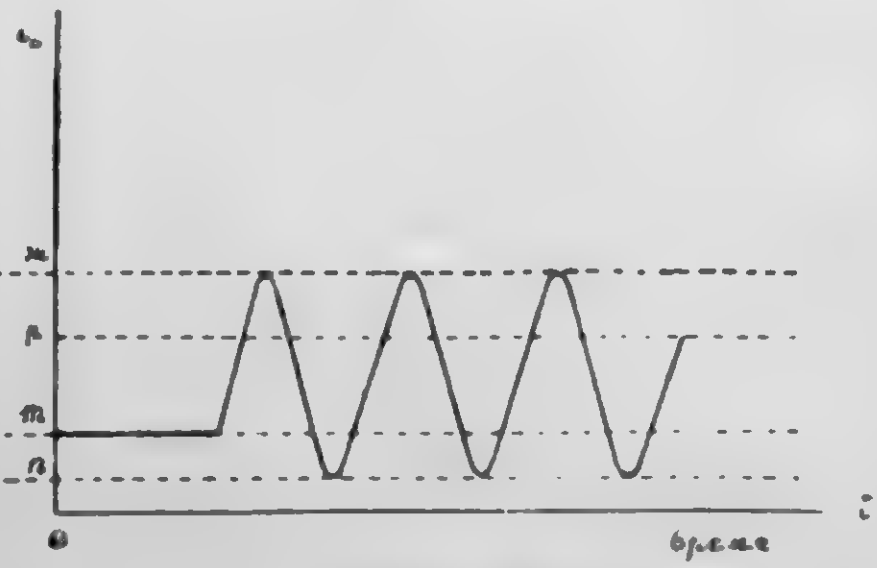
Черт. 57.

При телефонировании быстропеременными токами приходится иметь дело с катодными лампами, как усилителями, как выпрямителями и как генераторами незатухающих колебаний. Действие катодной лампы, как усилителя, теперь нам понятно. Переходим к рассмотрению ее, как выпрямителя.

Перечертим в большом масштабе (черт. 58-а) нижнюю часть характеристики, приведенной на черт. 50. Пусть доба-



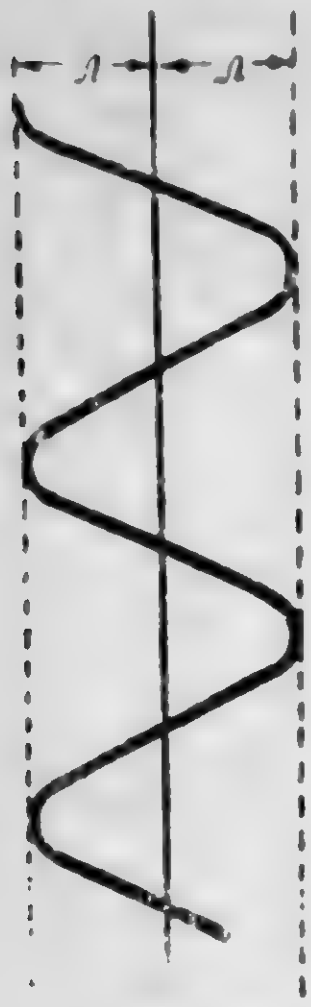
Черт. 58-а.



Черт. 58-б.

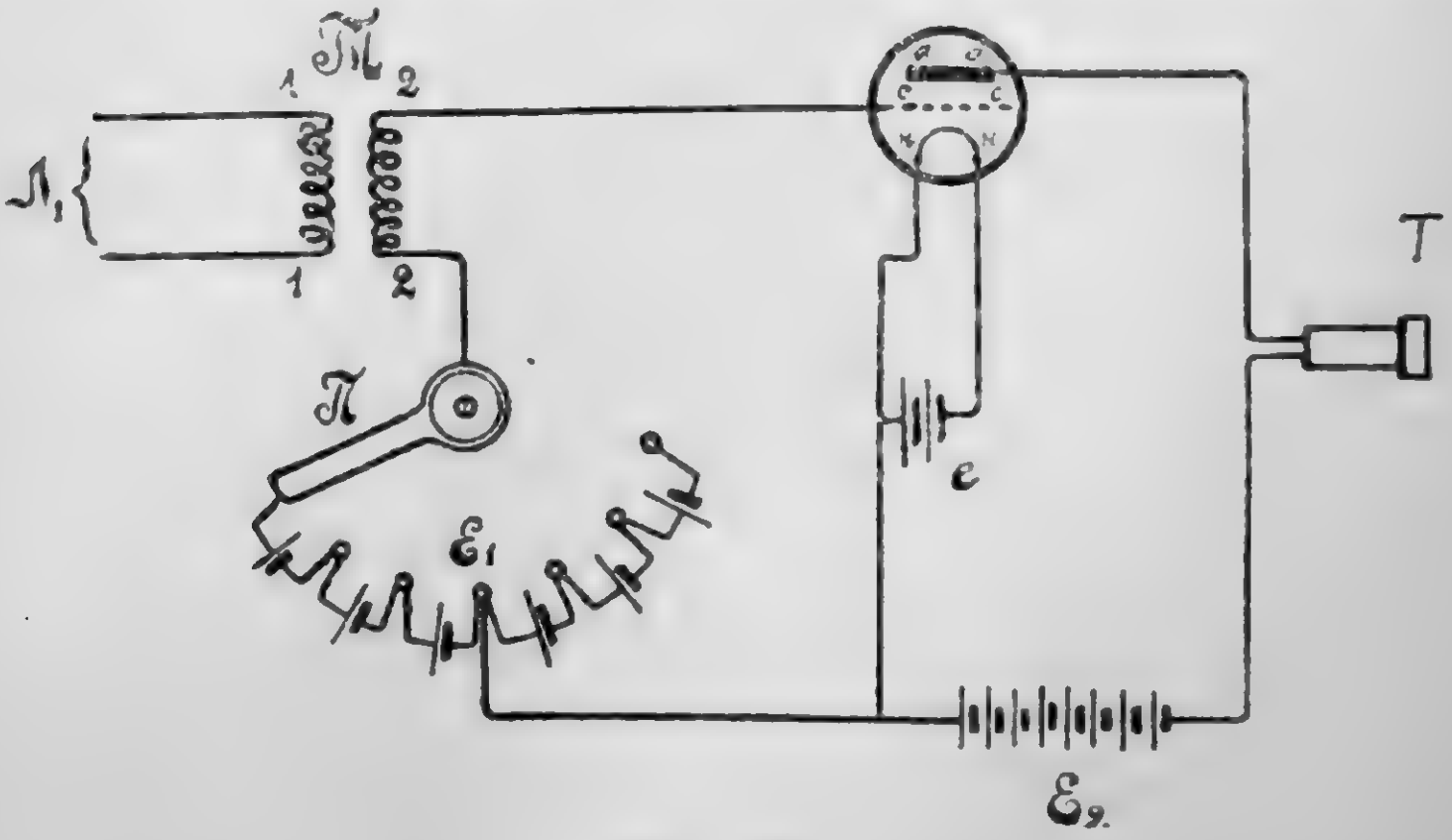
вочное напряжение на сетке (черт. 60) соответствует точке A (черт. 58-а), тогда при отсутствии тока, приходящего с линии $Л_1$, в цепи анода будет протекать ток, равный OA (черт. 58-а) $= om$ (черт. 58-б). Под влиянием этого тока мембрана телефона T займет определенное положение. Пусть теперь с линии $Л_1$ приходит переменное напряжение с амплитудой, равной $v = ac = ab$ (черт. 58 и 59). На сетку будет действовать суммарное напряжение из постоянного E_1 (черт. 60) $= oa$ (черт. 58-а) и переменного $v . \sin wt$ (черт. 59).

Когда суммарное напряжение на сетке равно *ob*, сила тока в анодной цепи сделается равной $bB = on$; когда суммарное напряжение на сетке будет *ob*, тогда ток анода станет $cC = on$.



Черт. 59.

Если частота приходящего с линии $Л_1$ тока не велика, то мембрана телефона будет колебаться около своего среднего положения (зависящего от тока *om*), при чем колебания в одну сторону будут сильнее, чем в другую. Если частота приходящего с линии $Л_1$ тока настолько велика, что мембрана в силу инерции не может следовать за колебаниями тока, тогда все толчки на мембрану, направленные в одну сторону от ее среднего положения, почувствуются мембраной, как одно непрерывное натяжение, под влиянием которого мембрана подалась бы несколько в сторону этих толчков; действие ряда толчков в другую сторону от среднего положения произведет обратное действие. Если натяжения в ту и другую сторону будут равны, то-есть, анодный ток будет меняться симметрично в ту и другую стороны от своего среднего положения, то суммарное действие его на мембрану будет равно нулю. Но если симметрия нарушена, как на черт. 58-б, то натяжение в одну сторону преобладает над



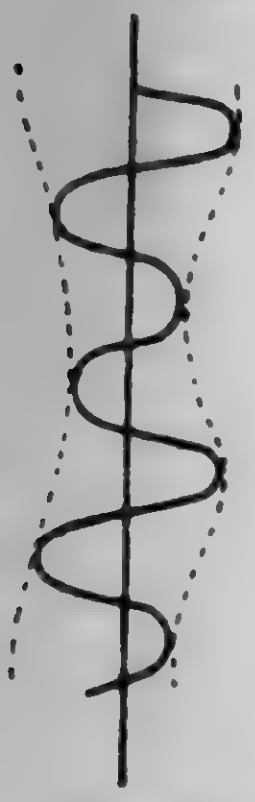
Черт. 60.

натяжением в другую,—в результате на мембрану подействует разность этих натяжений, и мембрана переместится из среднего

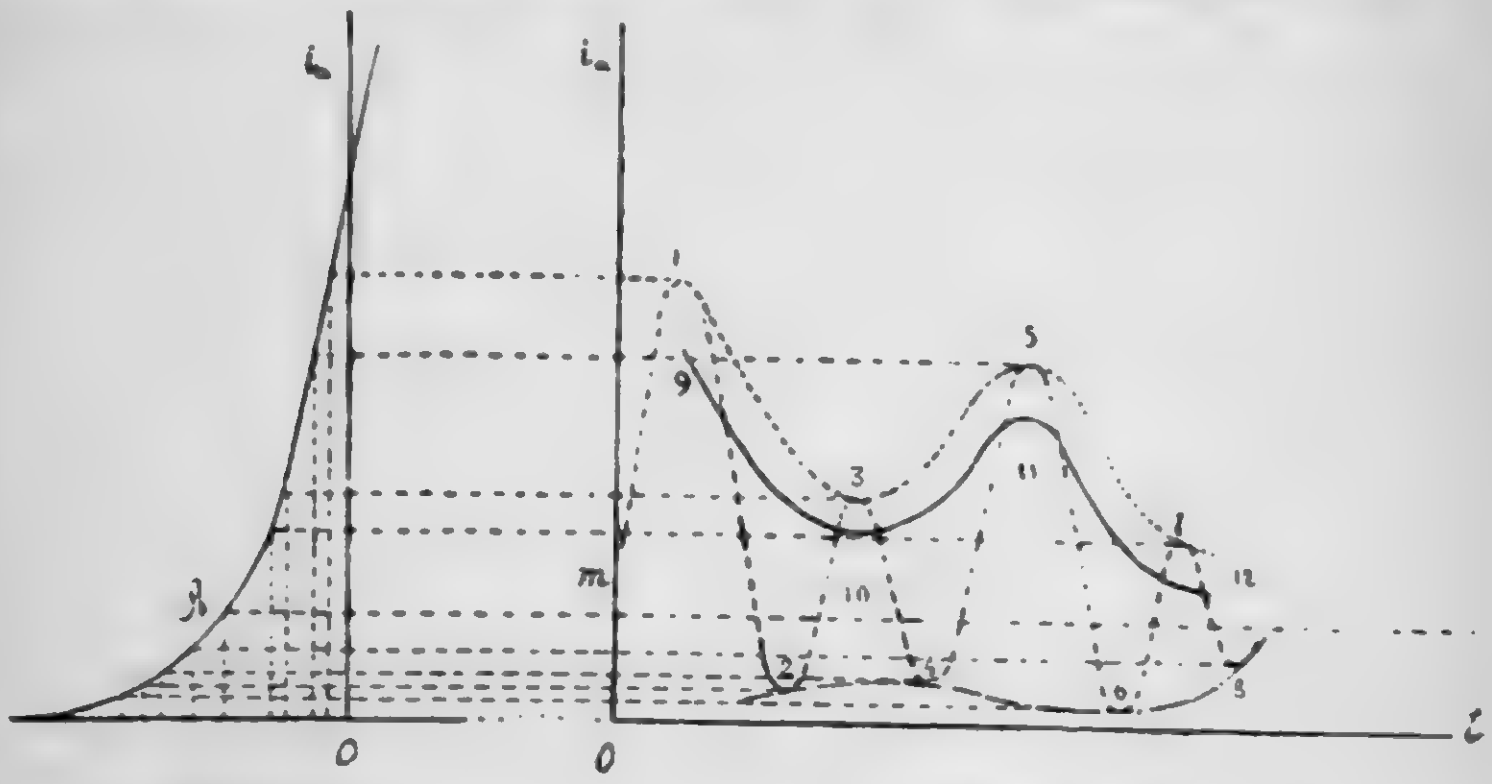
положения в сторону большего натяжения. Обращаясь к черт. 58-б, мы видим, что мембрана должна приблизиться к сердечникам обмоток телефона; это притяжение произойдет так, как если бы на телефон подействовал некоторый результирующий постоянный ток

$$op > om.$$

Пусть теперь с линии приходит быстропеременный ток с изменяющейся амплитудой (черт. 61). Накладывая на

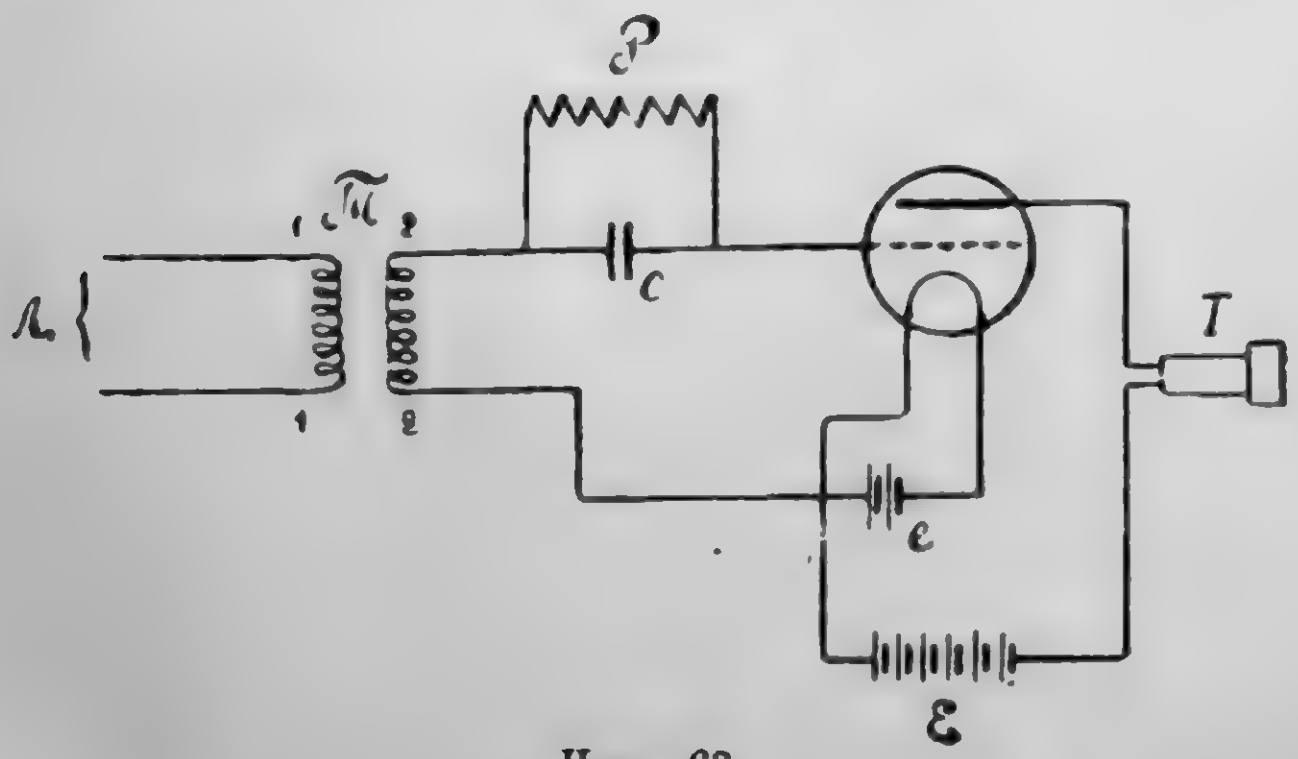


Черт. 61.



Черт. 62-а. Черт. 62-б.

постоянное *oa* напряжение (черт. 62-а) сетки переменное (черт. 61) и определяя из характеристики соответствующую силу анодного тока, получим кривую анодного тока

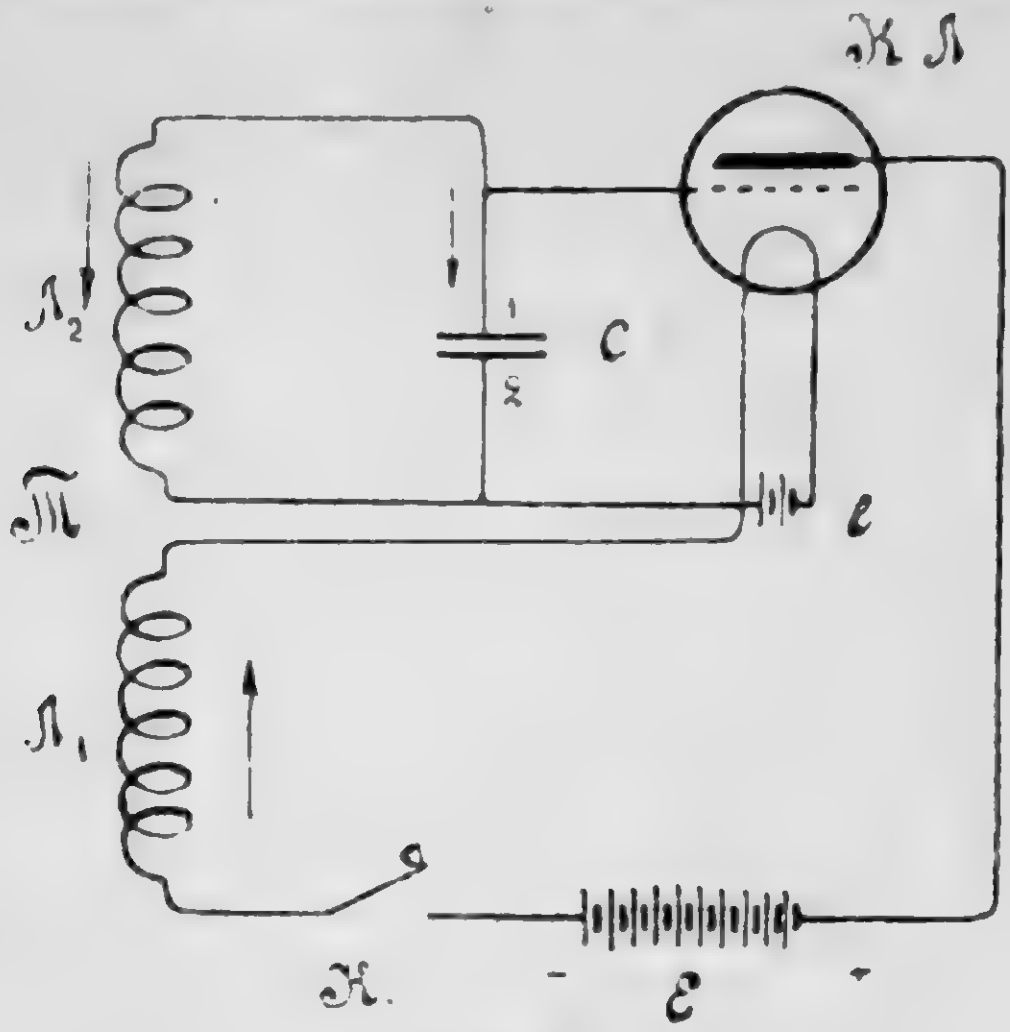


Черт. 63.

m — 1-2-3-4-5-6-7-8 (черт. 62-б). Отклонения анодного тока от среднего *om* вверх воспринимаются мембраной, как непрерывно меняющийся ток одного направления 1-3-5-7; отклонения

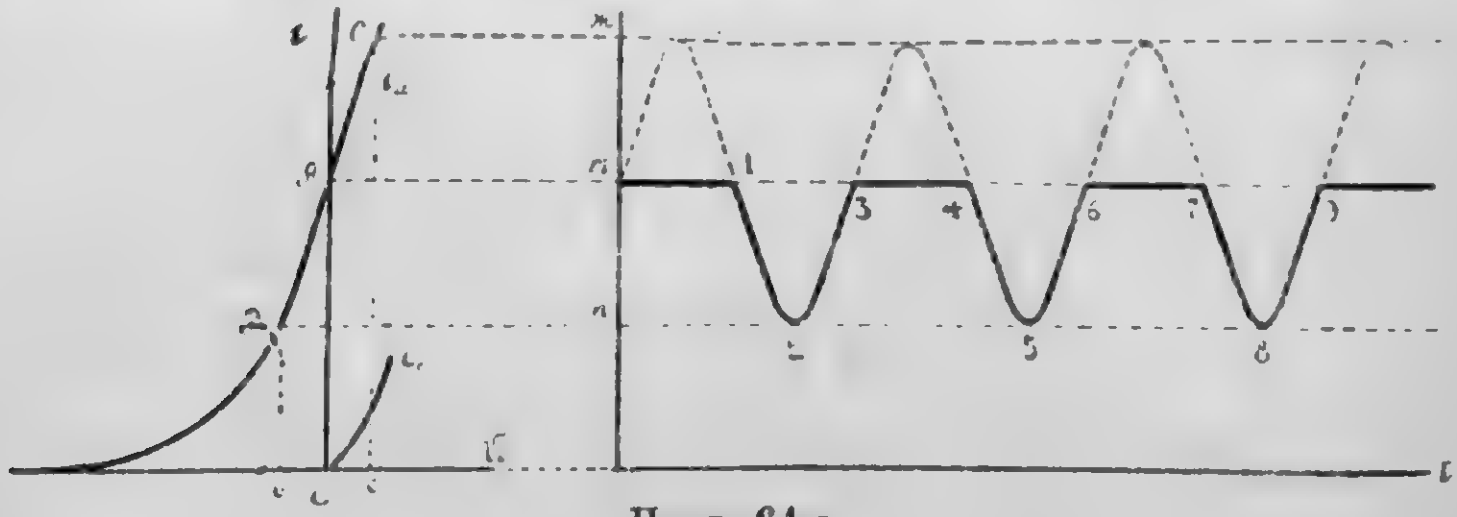
анодного тока вниз от *от* воспринимаются мембраной, как постоянный ток 2-4-6-8. В результате действие будет таково, как если бы мембрана находилась под влиянием тока постоянного направления 9-10-11-12.

Но наибольшее детектирующее действие катодной лампы



Черт. 64.

будет не на изгибе ее характеристики, а на прямолинейной ее части, именно на точке *A* (черт. 64-а) пересечения характеристики с осью координат. В этом случае ток, подлежащий



Черт. 64-а.

выпрямлению, подводится к сетке по схеме черт. 63. Пока тока с линии нет, сетка находится под нулевым потенциалом (нулевой условно — потенциал конца нити, связанного с отрицательным полюсом батареи накала). Пусть амплитуда переменного напряжения равна $oc = ob$. При отрицательном потенциале сетки тока i_c в цепи сетки совсем нет; при

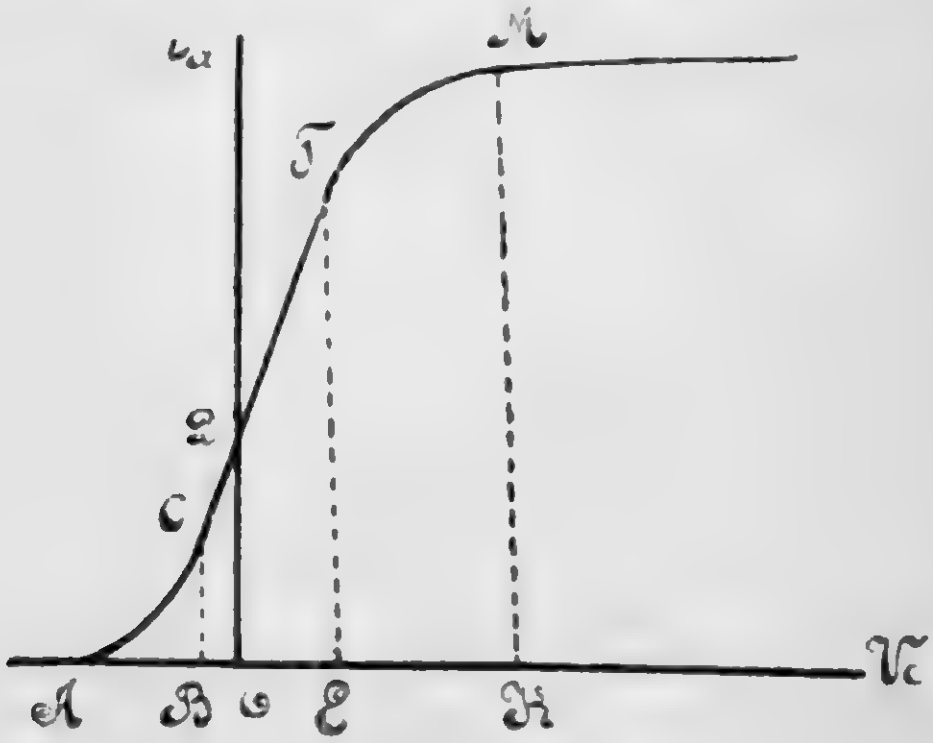
положительном—появляется ток, согласно кривой $o\,i_c$. Ток i_c, направляясь в цепь сетки, заряжает конденсатор и создает между сеткой и нитью отрицательную разность потенциалов. Так как ток i_c вызывается положительной разностью потенциалов, а сам ток i_c создает отрицательную, то при определенной комбинации характеристики лампы (i_a и i_c), емкости C и сопротивления P, отрицательное напряжение, создаваемое током i_c на сетке, может полностью скомпенсировать приходящее извне положительное напряжение; в результате полпериода сетка будет находиться под отрицательным напряжением, полпериода—под нулевым. Если бы не заряд конденсатора C, то напряжение сетки менялось бы от b до c, ток же в анодной цепи от *оп* до *ож*. Вследствие же тока i_c и вызываемого им заряда конденсатора C, напряжение на сетке никогда не будет положительно и меняется от b до o, ток же в анодной цепи от *оп* до *от*. Таким образом, в случае идеальной компенсации положительного напряжения на сетке отрицательным, вследствие заряда конденсатора C током сетки i_c, мы получим в цепи анода ток, меняющийся по кривой m — 1-2-3-4-5-6-7-8-9-..., т. е. действующий на телефон односторонне. На самом деле полной компенсации, как у нас описано, не происходит, и явление осложняется, но сущность его остается та же, и подробнее останавливаться на нем мы не будем. Переходим к катодному генератору незатухающих колебаний.

Берем трансформатор T из двух катушек самоиндукции $Л_1$ и $Л_2$ (черт. 64), при чем к катушке $Л_2$ параллельно присоединим конденсатор C. Катушку $Л_2$ с конденсатором C включим между нитью и сеткой катодной лампы *К. Л.*, катушку $Л_1$ — между нитью и анодом той же лампы через ключ K и батарею E.

Нажмем ключ K. Под влиянием батареи E анод притягивает отрицательное облачко электронов, образовавшееся около нити; образуется поток электронов, направляющийся по анодной цепи через катушку $Л_1$ к нити лампы; следовательно, в анодной цепи образуется ток, индуктирующий обратный ток в катушке $Л_2$. Этот ток, индуктируемый в катушке $Л_2$, появился вследствие потока электронов в цепи сетки, текущих в катушке $Л_2$ в направлении, указанном на чертеже стрелкою, т. е. от сетки. Часть этих электронов направится и в конденсатор C, вызывая заряд конденсатора. Вследствие образования потока электронов от сетки к конденсатору C и катушке $Л_2$, сетка становится уже менее отрицательной по отношению к нити. Пока ключ K не был нажат, сетка находилась под отрицательным потенциалом *оА* (черт. 65).

Как только ключ K нажали, и появился ток в анодной цепи, вследствие которого часть электронов от сетки будет

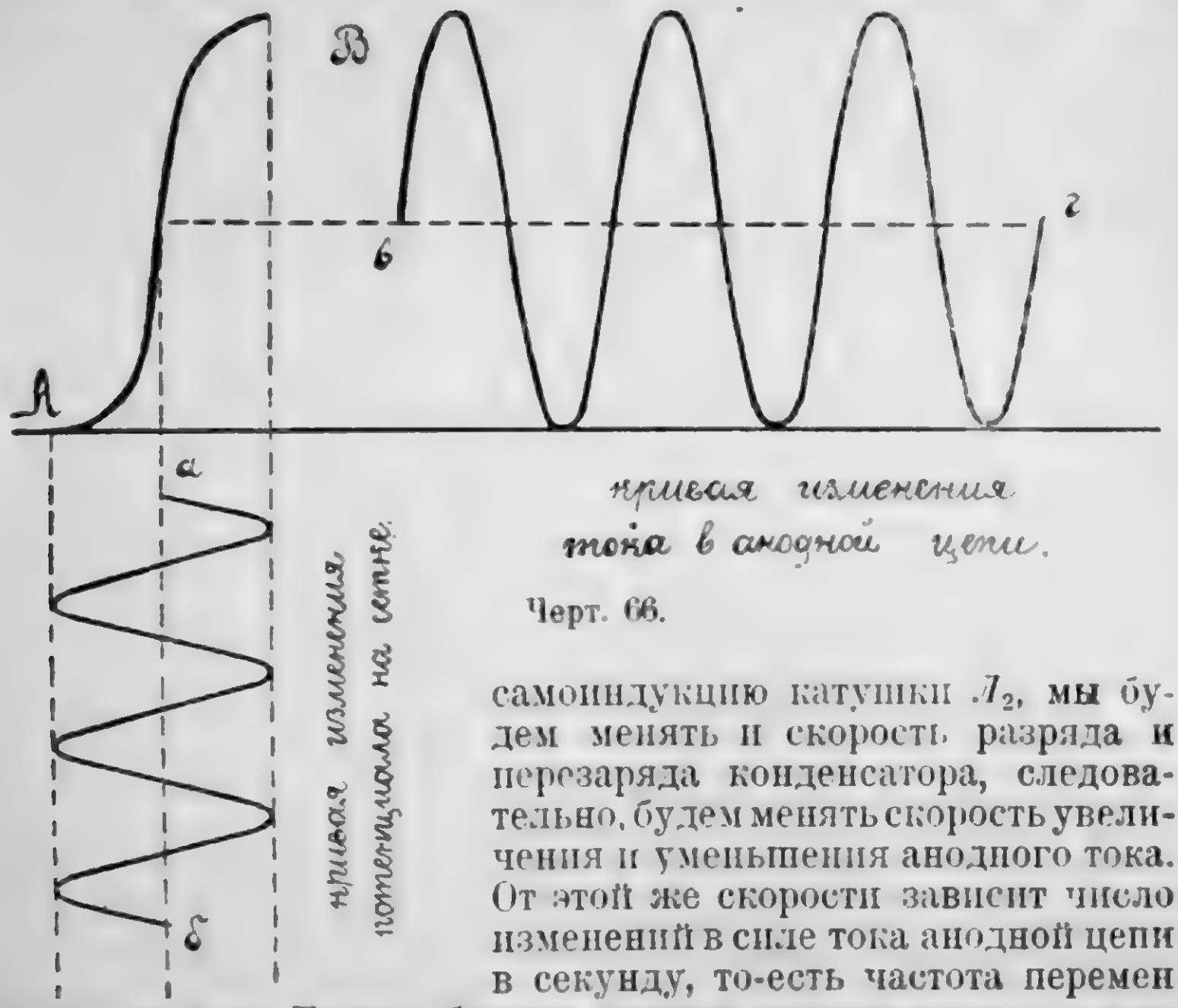
отвлечена, отрицательный потенциал сетки упадет, например, до величины *оВ*. Уменьшение отрицательного потенциала на сетке увеличит ток в анодной цепи, сделав его равным *ВС*. Увеличение тока в анодной цепи индуктирует продолжение потока электронов в катушке $Л_2$, — электроны попрежнему будут отсасываться от сетки к конденсатору *С* и катушке $Л_2$. Это вызовет дальнейшее изменение потенциала сетки: когда потенциал сетки будет *О*, ток в аноде будет *оД*. Дальнейшее увеличение тока анода будет вызывать продолжение процесса отсасывания электронов от сетки. Потенциал сетки становится уже положительным по отношению к нити, например, *ОЕ*, ток же в аноде *ЕГ*. До тех пор, пока анодный ток будет непрерывно расти, будет происходить и не-



Черт. 65.

прерывное отсасывание электронов от сетки. До каких же пор будет происходить этот процесс? Ответ даст характеристика катодной лампы. Когда потенциал сетки дойдет до значения *ок*, сила анодного тока достигнет своего наибольшего значения и в дальнейшем уже не может меняться. Итак, в конце концов, непрерывно увеличивая анодный ток, мы дойдем до его наибольшей величины. Как только ток в анодной цепи перестанет меняться, он перестанет индуктировать обратный себе ток в катушке $Л_2$. Конденсатор *С* начинает разряжаться. Электроны от пластины 2 через катушку $Л_2$ текут к пластине 1 конденсатора, попутно уменьшая потенциал на сетке. Уменьшение же потенциала на сетке (изменение потенциала от *к* по направлению к *А*), как показывает черт. 65, уменьшает ток в анодной цепи. Конденсатор не только совсем разрядится, но, вследствие инерции электронов, начинает перезаряжаться, делая пластину 1 конденсатора положительной. Одновременно меняется

и потенциал сетки. При перезаряжении конденсатора сетка начнет менять свой потенциал в сторону положительной электризации, что вызовет новое увеличение силы тока в анодной цепи. Увеличение же анодного тока, как мы уже видели, способствует отсасыванию электронов от сетки к конденсатору. Процесс повторяется в том же порядке, как мы его рассмотрели. Разряд и перезаряд конденсатора зависят от соотношений емкости конденсатора C и самоиндукции катушки L_2. Меняя емкость конденсатора или



Черт. 66.

самоиндукцию катушки L_2, мы будем менять и скорость разряда и перезаряда конденсатора, следовательно, будем менять скорость увеличения и уменьшения анодного тока. От этой же скорости зависит число изменений в силе тока анодной цепи в секунду, то-есть частота перемен анодного тока. Таким образом, частота перемен анодного тока будет зависеть от величины емкости конденсатора C и самоиндукции катушки L_2. Повторим еще раз процесс образования меняющегося тока в анодной цепи. При замыкании ключа K мы получаем первый импульс тока в анодной цепи. Этот ток индуктирует в катушке L_2 обратный себе ток и дает начало заряду конденсатора. Заряд конденсатора меняет потенциал сетки, что влечет за собой непрерывное увеличение анодного тока до его наибольшей величины. В этот момент индукция катушки L_1 на катушку L_2 прекращается, конденсатор C начинает разряжаться, меняя потенциал сетки в противоположном направлении; это вызывает уменьшение тока в анодной цепи. Конденсатор, разрядившись, начинает перезаряжаться, снова меняя электризацию сетки. Изменение

направления электризации сетки вызывает дальнейшее изменение силы анодного тока и т. д., и т. д. Цепи анода и сетки, непрерывно действуя друг на друга, будут поддерживать этот процесс до тех пор, пока батарея E не разрядится. Описанный процесс непрерывного изменения потенциала на сетке и тока в анодной цепи можно изобразить так, как показано на черт. 66. AB—характеристика лампы; $аб$—кривая изменения потенциала на сетке; $вг$—кривая изменения силы тока в анодной цепи.

Таким образом, катодная лампа служит источником непрерывно меняющегося по кривой $вг$ (черт. 66) анодного тока (генератором незатухающих колебаний).

Теперь у нас имеются все отдельные части современной установки телефонирования быстропеременными токами: катодный генератор (для получения переменного тока любой частоты), катодный выпрямитель и катодный усилитель.

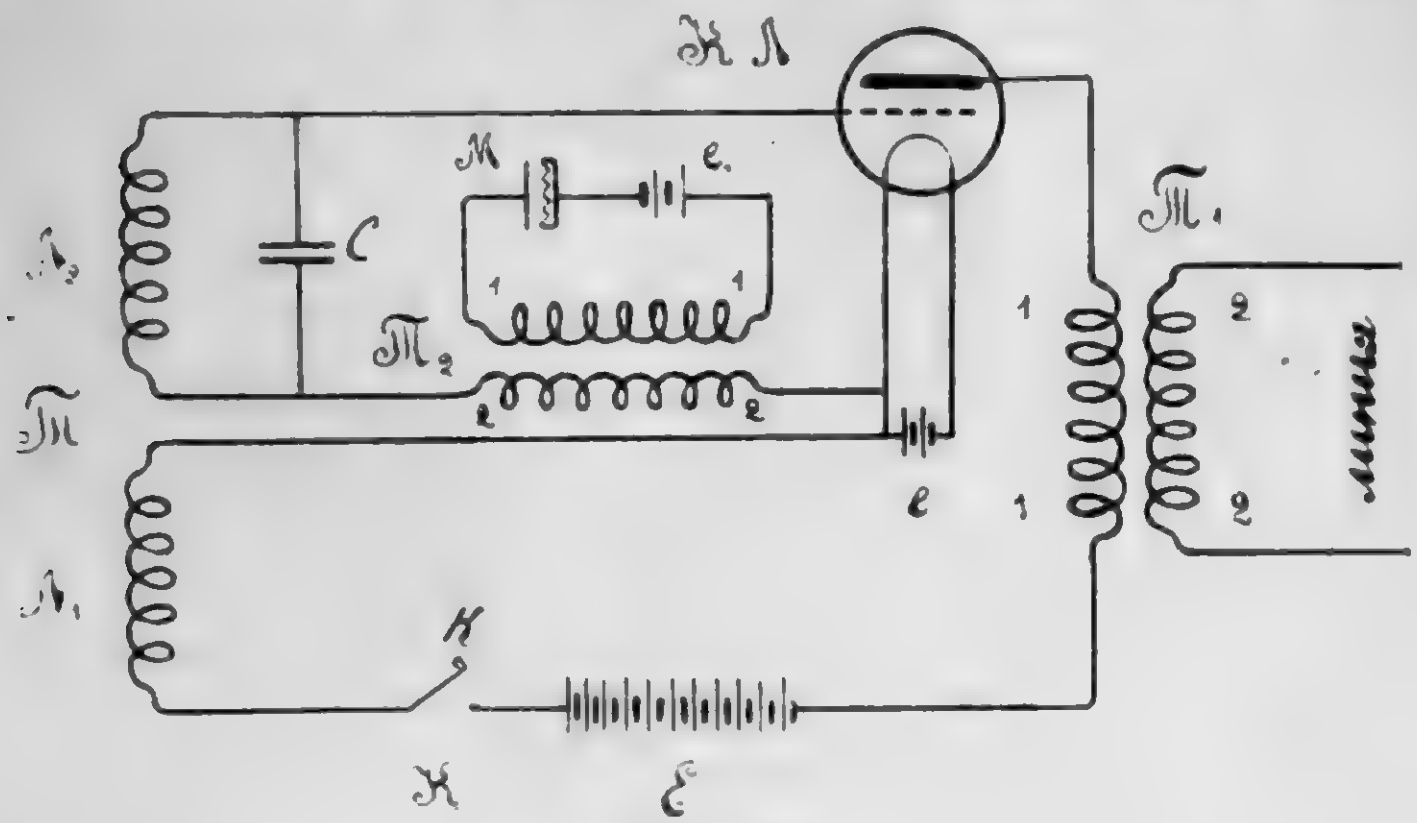
Включение микрофона в генератор колебаний при телефонировании быстропеременными токами.

Чтобы перейти к полной схеме установки, необходимо еще указать, как включается микрофон в катодный генератор. Мы рассмотрим два способа включения микрофона. Микрофонная цепь (черт. 67) может быть включена, непосредственно или через усилитель, в цепь сетки: линия же связана с анодной цепью через трансформатор T_1. Будем ли мы говорить что-либо перед микрофоном или нет, катодная лампа, как генератор незатухающих колебаний, действует непрерывно и все время без перерывов посылает на линию переменный ток. Когда мы говорим перед микрофоном M, мы влияем на электризацию сетки, следовательно, меняем и этот переменный ток на линии. Пока микрофон в покое, на линии течет переменный ток с постоянной, неизменяющейся амплитудой (размахом колебаний). Когда перед микрофоном говорят, амплитуда переменного тока на линии меняется совершенно так же, как меняется сопротивление микрофона (изменение переменного тока микрофоном носит название модуляции переменного тока).

Вторая схема включения микрофона дает возможность посылать на линию переменный ток только в те моменты времени, когда мы говорим перед микрофоном: при спокойном положении микрофона на линию переменный ток вовсе не посылается. Схема эта приведена на черт. 68.

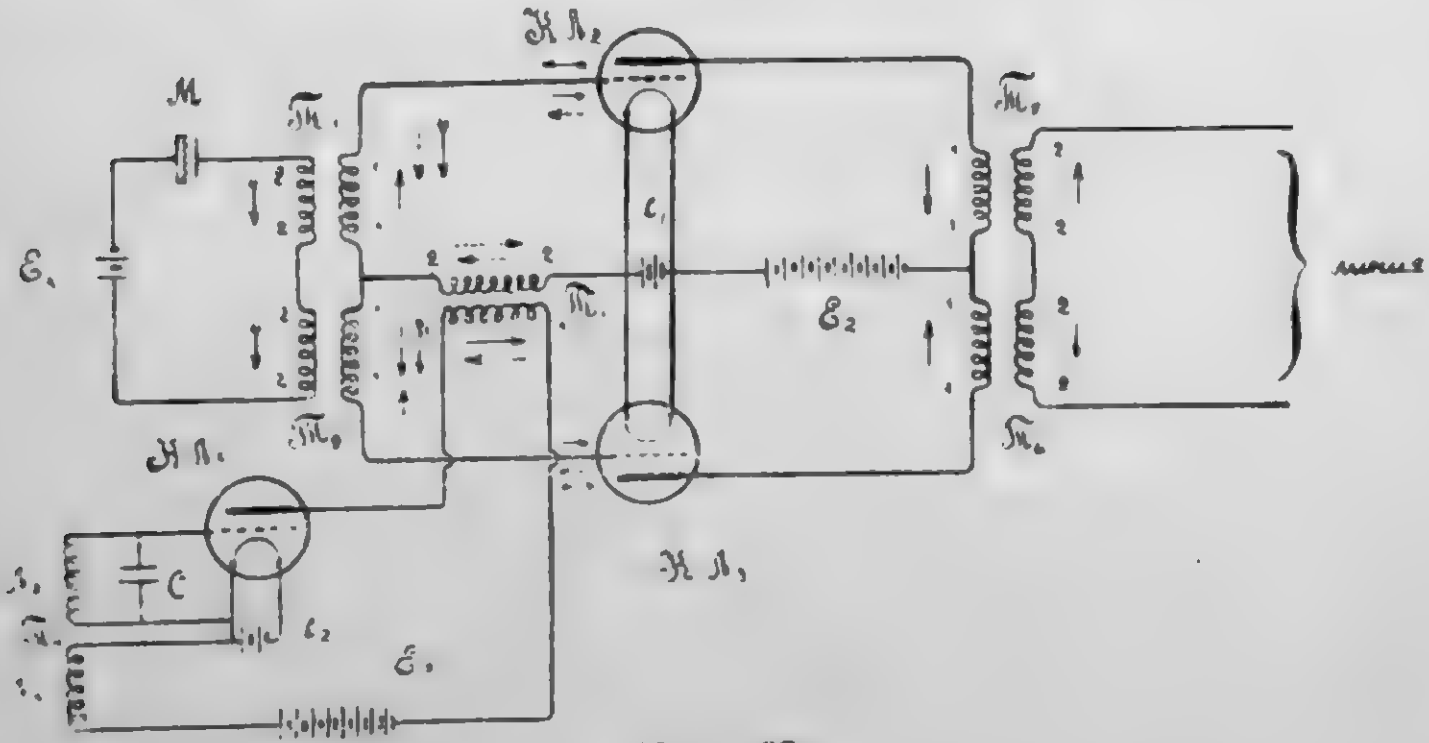
Катодная лампа $K\Lambda_1$ представляет собою в соединении с трансформаторами T_4, T_3 и конденсатором C разобранный нами генератор незатухающих колебаний; только анодная

цепь его связана через трансформатор T_3 не непосредственно с линией, как это было на черт. 67, а через посредство двух катодных ламп $КЛ_2$ и $КЛ_3$. Пусть направление тока в анод-



Черт. 67.

ной цепи лампы $КЛ_1$ в данный момент будет показано сплошной стрелкой без оперения; в обмотке 2—2 трансформатора T_3 индуктируется обратный ток (сплошная стрелка



Черт. 68.

без оперения), одинаково действующий на сетки обеих ламп (ток течет к сеткам ламп $КЛ_2$ и $КЛ_3$). При обратном изменении анодного тока (пунктирная стрелка), ток, индуктированный в обмотке 2—2 трансформатора T_3, опять одинаково действует на обе сетки, хотя и в обратном направлении

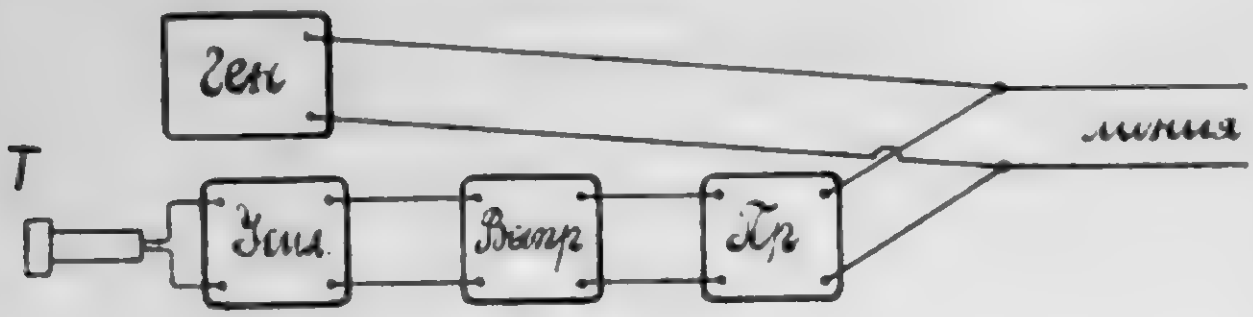
(ток течет от сеток лами $КЛ_2$ и $КЛ_3$). При одном направлении изменения тока в анодной цепи лампы $КЛ_1$ (эта лампа служит генератором непрерывно меняющегося анодного тока), обе сетки лами $КЛ_2$ и $КЛ_3$ электризуются положительно, при другом направлении обе сетки электризуются отрицательно. В первом случае токи, действующие на сетки, усиливаются, во втором случае ослабляются. Но при одинаковом действии обеих лами $КЛ_2$ и $КЛ_3$ (обе увеличивают или обе же уменьшают ток), как видно из черт. 68, в обмотках 2—2 трансформаторов $Т_5$ и $Т_6$ индуктируются направленные в противоположные стороны токи, которые и уничтожаются,—на линии тока совсем не будет. Включим теперь микрофон $М$ в обмотки 2—2 трансформаторов $Т_1$ и $Т_2$ и будем говорить перед микрофоном. Микрофонные токи (сплошные стрелки с оперением) индуктируют в обмотках 1—1 трансформаторов токи, действующие на сетки лами $КЛ_2$ и $КЛ_3$ уже не одинаково: в то время, как ток течет от сетки верхней лампы $КЛ_2$, он течет к сетке нижней лампы $КЛ_3$. Следовательно, микрофонный ток будет электризовать сетки лами разноименно; электризуя сетку верхней лампы положительно, он электризует сетку нижней лампы отрицательно, и наоборот. Теперь обе лампы находятся уже не в равных условиях,— в те моменты, когда одна лампа усиливает ток, другая ослабляет, и наоборот. Теперь на линии будут индуктироваться токи, идущие не в противоположные стороны, а в одну сторону. Таким образом, на линии появляется переменный ток только в те моменты, когда мы говорим перед микрофоном $М$, при чем этот ток будет модулированный, то-есть, его амплитуды будут меняться в соответствии с изменением сопротивления микрофона.

Схема телефонного аппарата при телефонировании быстропеременными токами.

Соберем теперь телефонный аппарат для телефонирования быстропеременными токами. Он будет состоять (черт. 69) из передающей части (катодный генератор незатухающих колебаний с микрофоном; будем обозначать его буквами Ген.) и приемной части (приемника Пр., настроенного на заданную частоту выпрямителя—Выпр., усилителя выпрямленного тока—Усил. и телефона—Т.).

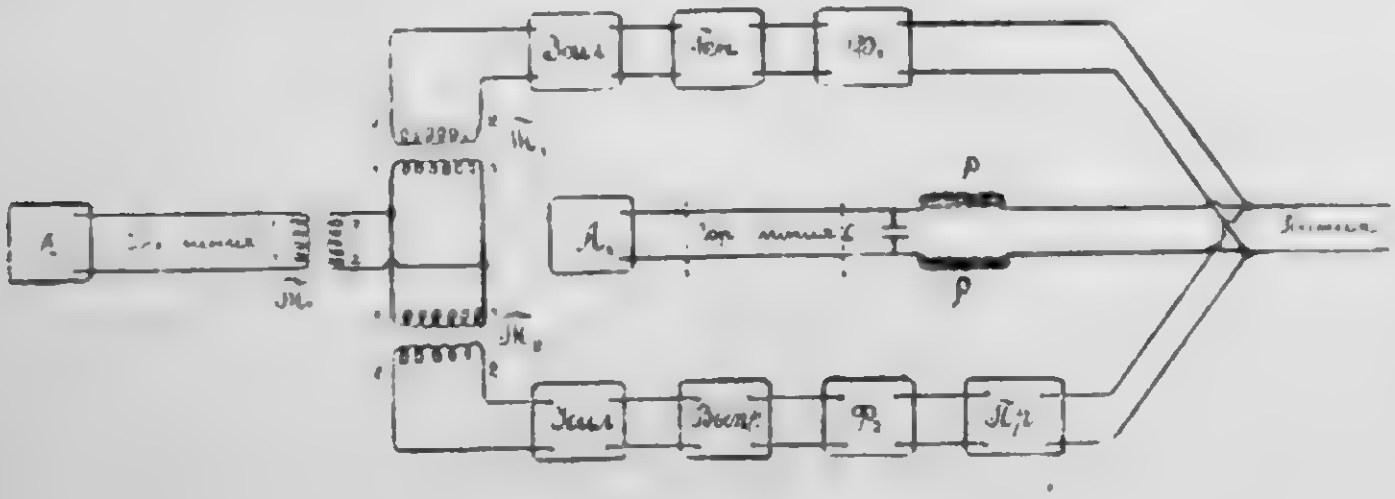
Не мешая разговору быстропеременными токами, мы можем ту же линию использовать и для телефонирования обыкновенным способом. В этом случае приборы включаются по схеме черт. 70. Абонент $А_1$ ведет разговор с помощью быстропеременных токов, абонент $А_2$ — обычным способом.

Телефонный ток от абонента A_1 через трансформаторы T_1 и T_3 действует на усилитель, затем на генератор, затем на электрофильтр ϕ_1 и на линию. Электрофильтр ϕ_1 включается потому, что катодный генератор вырабатывает, кроме нужного нам переменного тока заданной частоты, еще добавочные переменные токи иной частоты. Фильтр ϕ_1 рассчитывается таким образом, что пропускает переменный ток заданной



Черт. 69.

частоты и не пропускает токов других частот. Приходящий с линии быстропеременный ток не может пойти в телефон абонента A_2, так как он защищен реактивными катушками $p—p$ и конденсатором C. Приходящий быстропеременный ток идет в приемник Пр., рассчитанный на данную частоту, фильтр ϕ_2 (очищающий ток), выпрямитель Выпр., усилитель



Черт. 70.

Усил., трансформаторы T_2 и T_3, городскую линию и аппарат абонента A_1. Правильно было бы сказать, что быстропеременный ток доходит только до выпрямителя, дальше идет уже выпрямленный ток, усиленный усилителем — обычный телефонный ток. Разговор от аппарата абонента A_2 происходит обычным путем.

Как мы уже видели выше, по одной линии быстропеременными токами можно передавать не только один разговор, но ряд разговоров. Подробно останавливаться на этом мы не будем.

Телефонные трансляции.

Переходим к рассмотрению междугородных аппаратов и телефонных трансляций,—второму великому достижению телефонии последних лет.

Государственная телефонная связь только тогда может быть названа идеальной, когда каждый гражданин, где бы он ни находился—в любом городке, в любой деревне,—подойдя к телефонному аппарату, в состоянии будет вызвать и переговорить с нужным ему гражданином, в каком бы отдаленном месте государства тот ни находился.

При небольшой территории государства задача эта осуществляется легко. В Швейцарии, Бельгии, Финляндии идеал этот, повидимому, уже близок к осуществлению, но в государствах с такими необъятными пространствами, как Россия, Америка, разрешению задачи мешает предел дальности телефонирования,—мы не можем непосредственно телефонировать на какое угодно расстояние, этому мешает затухание амплитуды телефонного тока с увеличением длины линий.

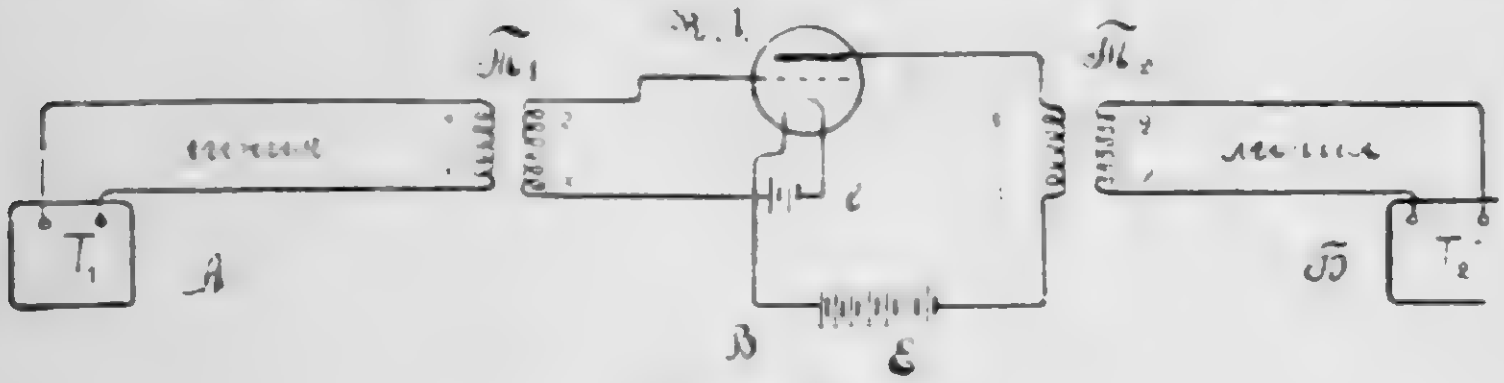
В телеграфе указанное затруднение разрешается целесообразно размещенными трансляциями. Осуществление телеграфных трансляций весьма упрощается малой частотой и простой формой кривых телеграфного тока.

С повышением же частоты, уменьшением амплитуды и усложнением кривой тока трудности по осуществлению трансляций быстро возрастают. Степень трудности и важности осуществления телефонных трансляций достаточно характеризуется такими фактами, как 30-тилетние неудачные попытки в этом направлении и назначение в Америке премии в 1 миллион долларов в пользу изобретателя практически пригодного телефонного усилителя. Помимо материальных выгод, к решению поставленной задачи привлекало само сознание государственной важности задачи. Только с осуществлением телефонной трансляции становится возможной организация идеальной телефонной связи в пределах обширных государств. Телефонная трансляция дает чрезвычайную гибкость сети, упрощает расчеты, позволяет удобно связать проволочное телефонирование с беспроволочным, а также телефонирование быстропеременными токами с обычным телефонированием, вносит колоссальную экономию при осуществлении в государственном масштабе телефонной сети и т. д. и т. д.

Эта всеми осознанная важность осуществления телефонной трансляции и побуждает меня сделать сводку того, что сделано в этом направлении у нас в России.

Вся трудность осуществления телефонной трансляции заключается, во-первых, в надежно действующем усилителе весьма слабых телефонных токов, во-вторых, в ее дуплексной работе. Первое затруднение, непреодолимое для первых изобретателей, устраняется изобретением катодной усилительной лампы.

С ее изобретением все трудности по осуществлению телефонной трансляции, казалось бы, отпадают. Действительно, если ток, исходящий из пункта *А* (черт. 71), приходит в пункт *Б* настолько слабым, что телефонная трубка с трудом воспринимает его, то стоит лишь в промежуточный пункт *В* включить катодный усилитель, и передача станет вполне возможной. Телефонный ток, входящий на промежуточный пункт *В*, действует через трансформатор T_1 на сетку катодного усилителя *К.У* и меняет поле между катодом и анодом



Черт. 71.

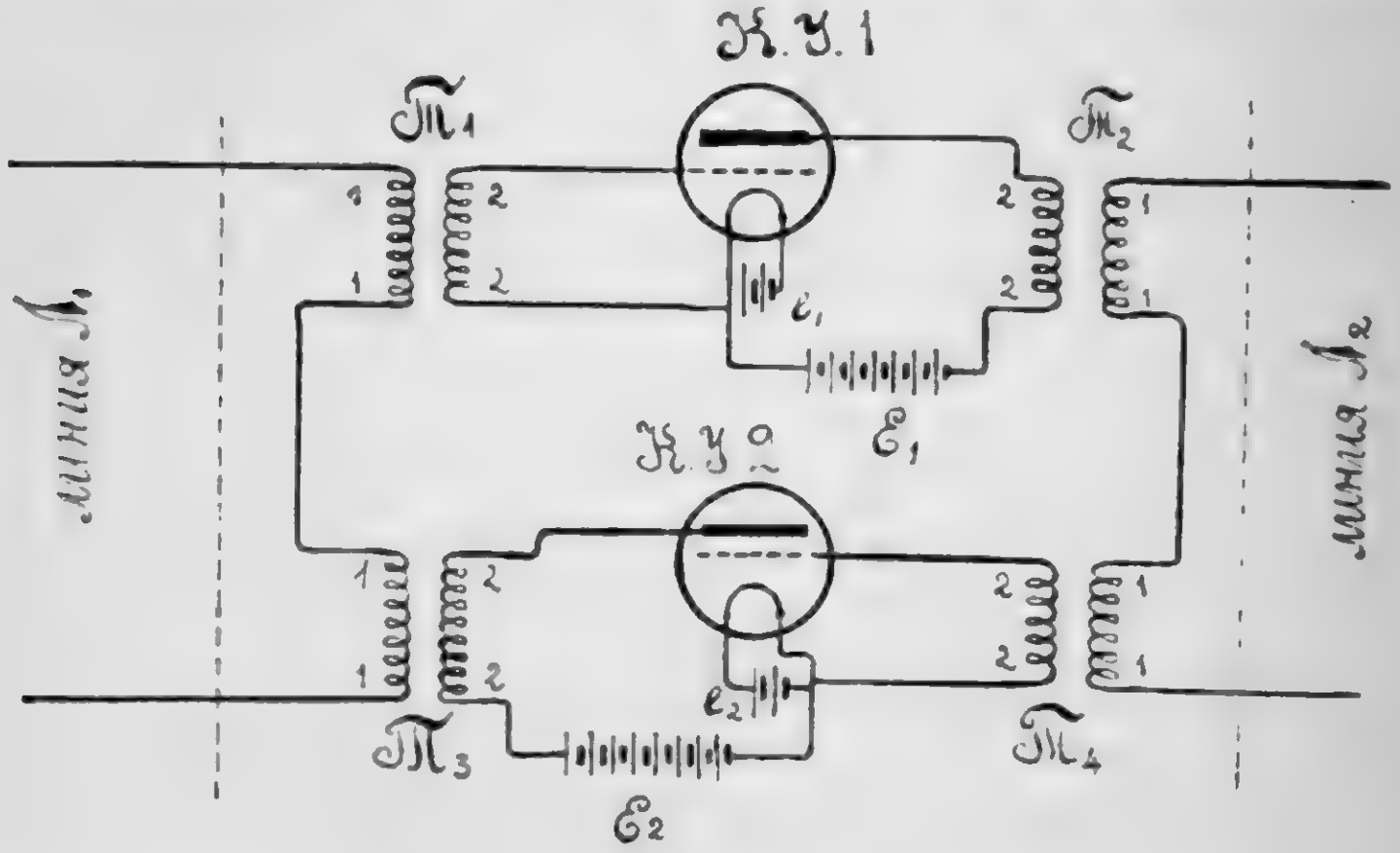
вследствие чего в анодной цепи появляется усиленный ток, который через трансформатор T_2 и линию передается к аппарату T_2 конечного пункта *Б*.

Таким образом, речь от *А* к *Б* будет передаваться без затруднений. Но обратная речь становится невозможной вследствие односторонности действия катодного усилителя.

Нельзя ли упростить передачу речи в обоих направлениях, вводя в линию два усилителя и включая их таким образом, что один будет усиливать разговорный ток одного направления, другой же обратного направления. При решении задачи в этом направлении прежде всего напрашивается схема черт. 72.

Казалось бы, что эта схема решает вопрос,—усилитель *К.У.1* передает разговор слева направо и усилитель *К.У.2* обратно. Но ближайшее рассмотрение этой схемы тотчас же показывает ее несостоятельность. Действительно. пусть разговор происходит слева направо. Телефонный ток пройдет по обмоткам 1—1 трансформаторов T_1 и T_3. Вторичная обмотка 2—2 трансформатора T_3 не оказывает действия на усилитель *К.У.2*; вторичная обмотка 2—2 трансформатора T_1 переменно электризует сетку усилителя *К.У.1*, следовательно, по обмотке 2—2 трансформатора T_2 будет протекать усилительный пульсирующий ток: трансформируясь в переменный,

этот усилительный ток, с одной стороны, производит полезный эффект, направляясь в линию $Л_2$, с другой же, побочно вызывает весьма желательное явление, действуя через трансформатор T_4 на сетку второго усилителя, отчего тот же усиленный переменный ток образуется и в линии $Л_1$, причем он опять через трансформатор T_1 будет действовать на сетку усилителя *К.У.1*, что вызовет опять влияние усиленного тока через трансформатор T_4 на сетку усилителя *К.У.2* и т. д. и т. д.—оба катодных усилителя, взаимно действуя друг на друга, образуют незатухающий переменный ток, идущий частью в обе линии, частью на поддержание про-



Черт. 72.

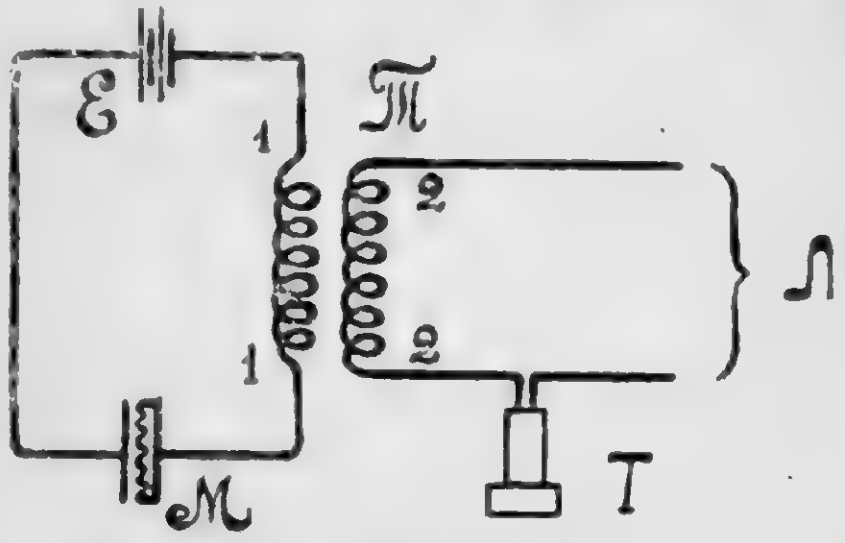
цесса образования переменного тока. Вся трансляционная установка обратится в генератор переменного тока, частота которого будет зависеть частью от электрических свойств цепей усилителей, частью от подключенных к ним линий. Этот поступающий на линию переменный ток вызовет непрекращающийся писк или свист телефонов на конечных пунктах и совсем затушует разговорный ток. Явление образования в трансляционных пунктах такого переменного тока будем в дальнейшем называть—зуммированием; влияние же усиленного тока одного усилителя на сетку другого,—обратным действием трансляции. При наличии обратного действия трансляции, разговор, вследствие зуммирования, становится невозможным.

Чтобы создать телефонную трансляцию, надежно действующую в обоих направлениях, необходимо так изменить схему черт. 72, чтобы исходящий с трансляции ток не дей-

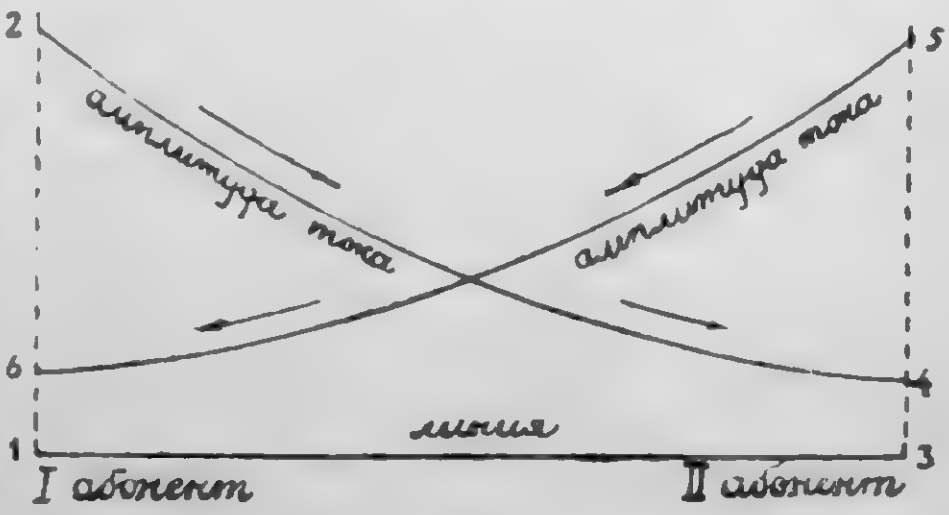
ствовал на сетку второго усилителя. Осуществить это весьма легко, если в основу трансляции положить любую схему междугородного телефонного аппарата (межгораппарата), на телефонную трубку которого свой исходящий ток не действует. Разберемся предварительно в наиболее типичных схемах межгораппаратов.

Схемы межгораппаратов.

В обычном телефонном аппарате, как известно, телефонная трубка включается последовательно со вторичной обмоткой индукционной катушки в линию, Через телефонную трубку должны пройти все токи, циркулирующие по линии, следовательно, как входящий, так и исходящий. Исходящий ток обычно раз в 10 — 15 больше входящего. Проходя через телефонную трубку говорящего абонента, он повторяет ему в ухо его собственную речь. Вслед за сильным исходящим током 1 — 2 (черт. 74) через ту же трубку проходит слабый входящий 1—6 (черт. 74) от аппарата противоположной станции. Вследствие резкого контраста между действием на трубку исходящего 1 — 2 (или 3 — 5) и входящего 1—6 (или 3—4) токов, ухо понижает свою чувствительность к слабым звукам и уже с трудом реагирует на слабые входящие токи. Уничтожив действие исходящего тока на телефонную трубку, мы тотчас же повысим чувствительность уха и свободнее будем воспринимать действие входящих токов. На черт. 75 и 76 приведены схемы межгораппаратов с уничтоженным действием исходящего тока на телефонную трубку. На черт. 75 применен дифференциальный телефон, на черт. 76 обыкновенный. Исходящий ток, как легко видеть на черт. 75,

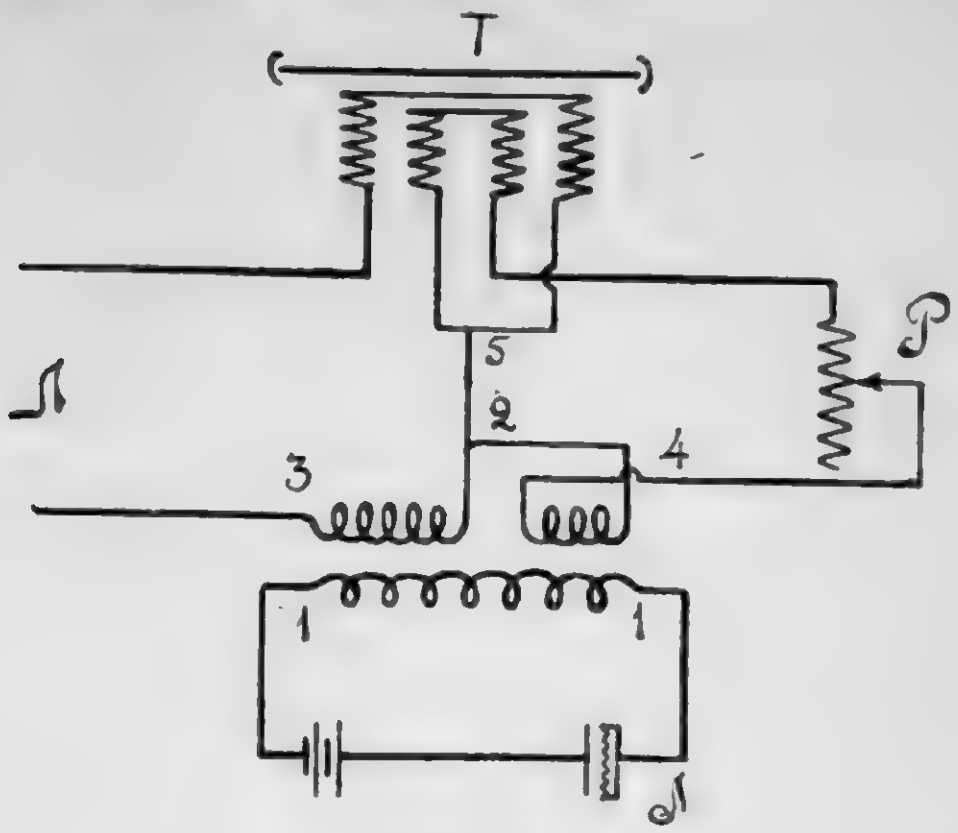


Черт. 73.



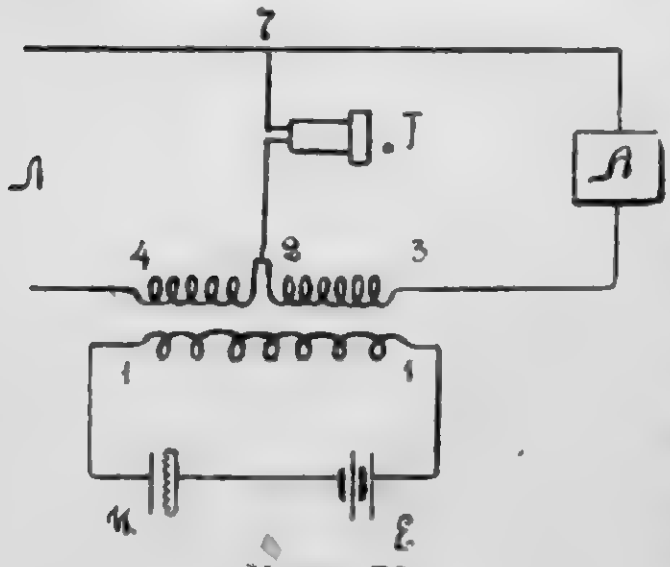
Черт. 74.

разветвляясь между естественной и искусственной линиями, проходит через обмотки дифференциального телефона в противоположных направлениях, вследствие чего магнитный поток не создается, и мембрана телефона молчит. Входящий



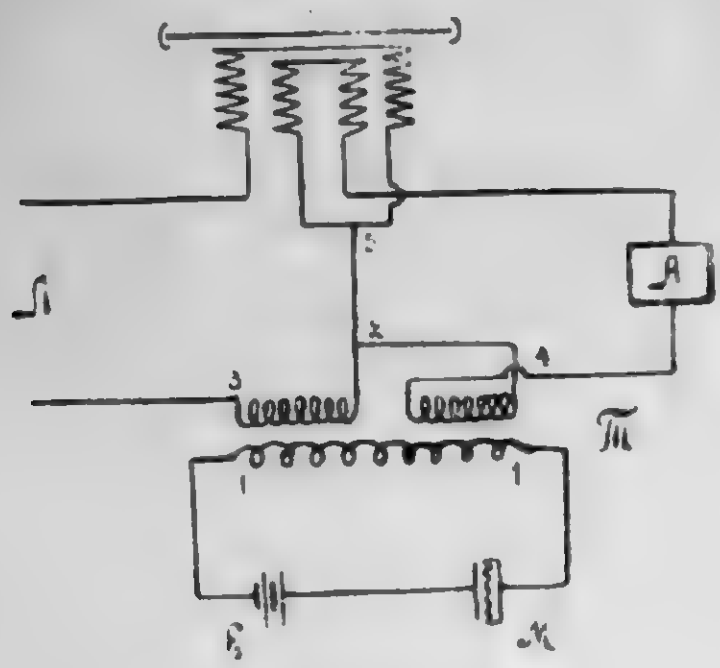
Черт. 75.

же ток, проходя через обмотку телефона, приводит его в действие. При схеме черт. 76 в случае равенства естественной *Л* и искусственной *А* линий, разность потенциалов между точками 2 — 7 для исходящего тока равна нулю, вследствие чего исходящий ток действовать на трубку не будет; для входящего же тока эта разность потенциалов является конечной величиной, и телефон отзывается на входящий ток. Коэффициент полезного действия разнообразных схем, при равенстве естественной и искусственной линий, не может превосходить 50%, так как половина исходящей энергии тратится на искусственную линию. Если бы искусственная линия по своим электрическим свойствам составляла $1/n$ от естественной, то, уменьшив электродвижущую силу, развиваемую микрофонным трансформатором в цепи искусственной линии, тоже в n раз, мы получили бы тот же эффект устранения действия исходящего тока на телефонную трубку, количество же энергии, теряемой в искусственной линии, уменьшилось бы в n раз. Уменьшать электро-

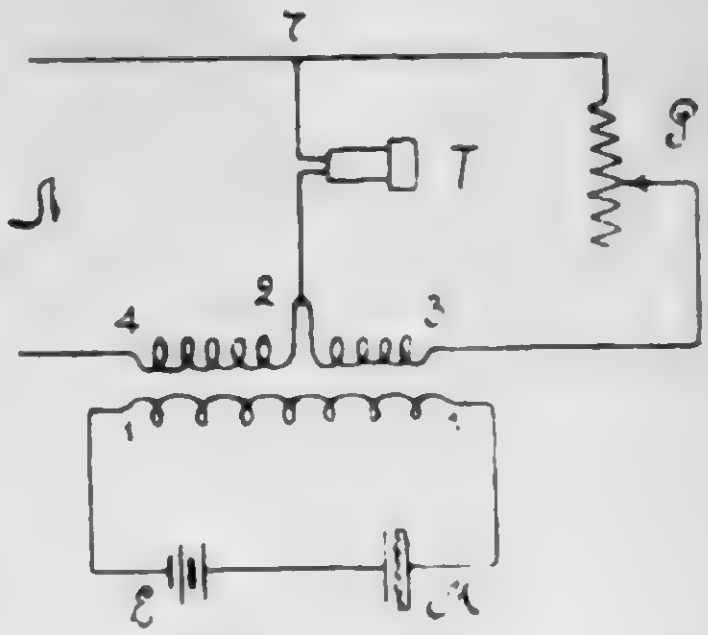


Черт. 76.

движущую силу в цепи искусственной линии можно путем уменьшения числа винтов соответствующей вторичной обмотки микрофонного трансформатора, как показано на черт. 77

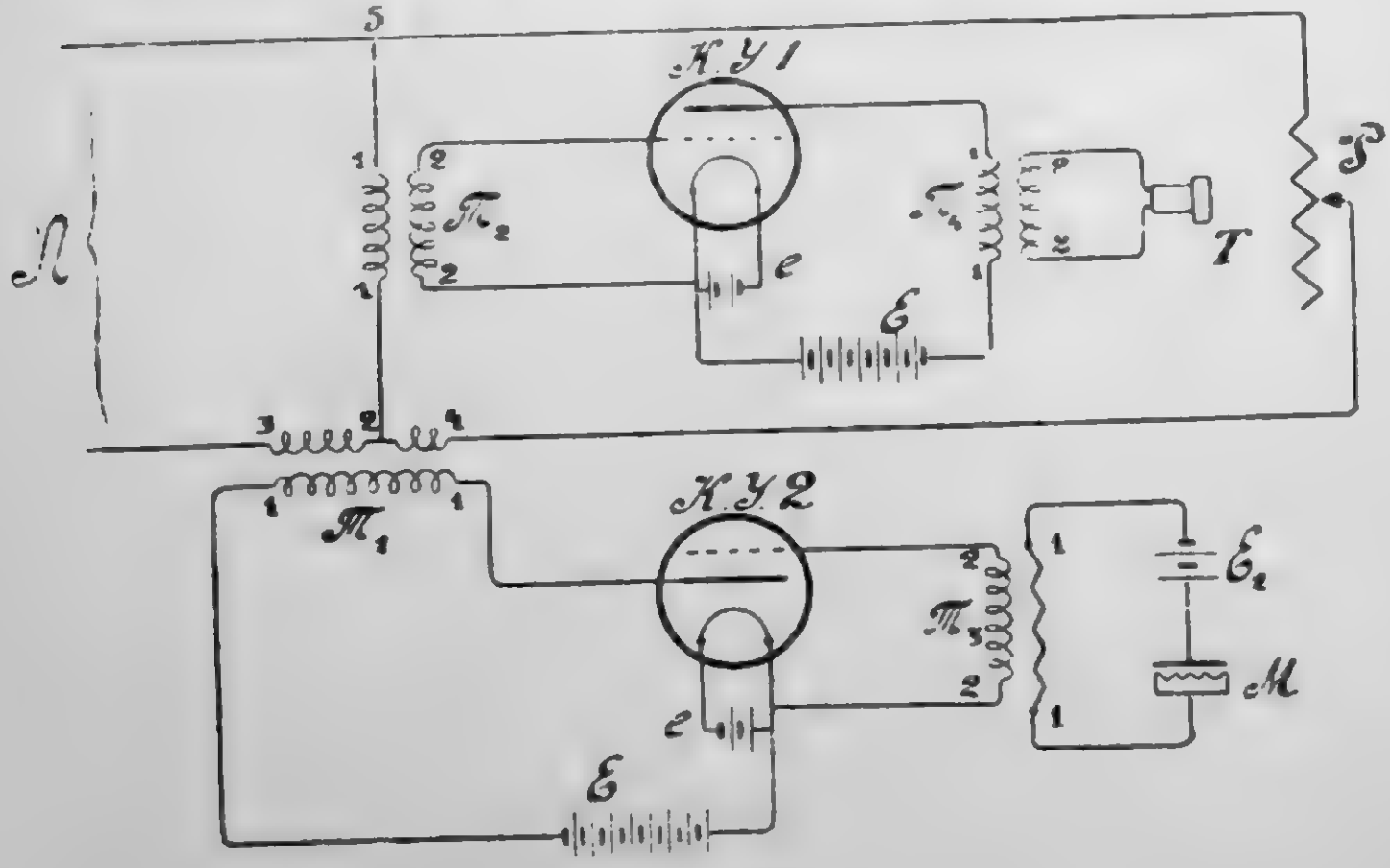


Черт. 77.



Черт. 78.

и 78. А так как полного устранения влияния исходящего тока на телефонный практике не требуется,—требуется лишь устранение контраста между действиями исходящего и вхо-



Черт. 79.

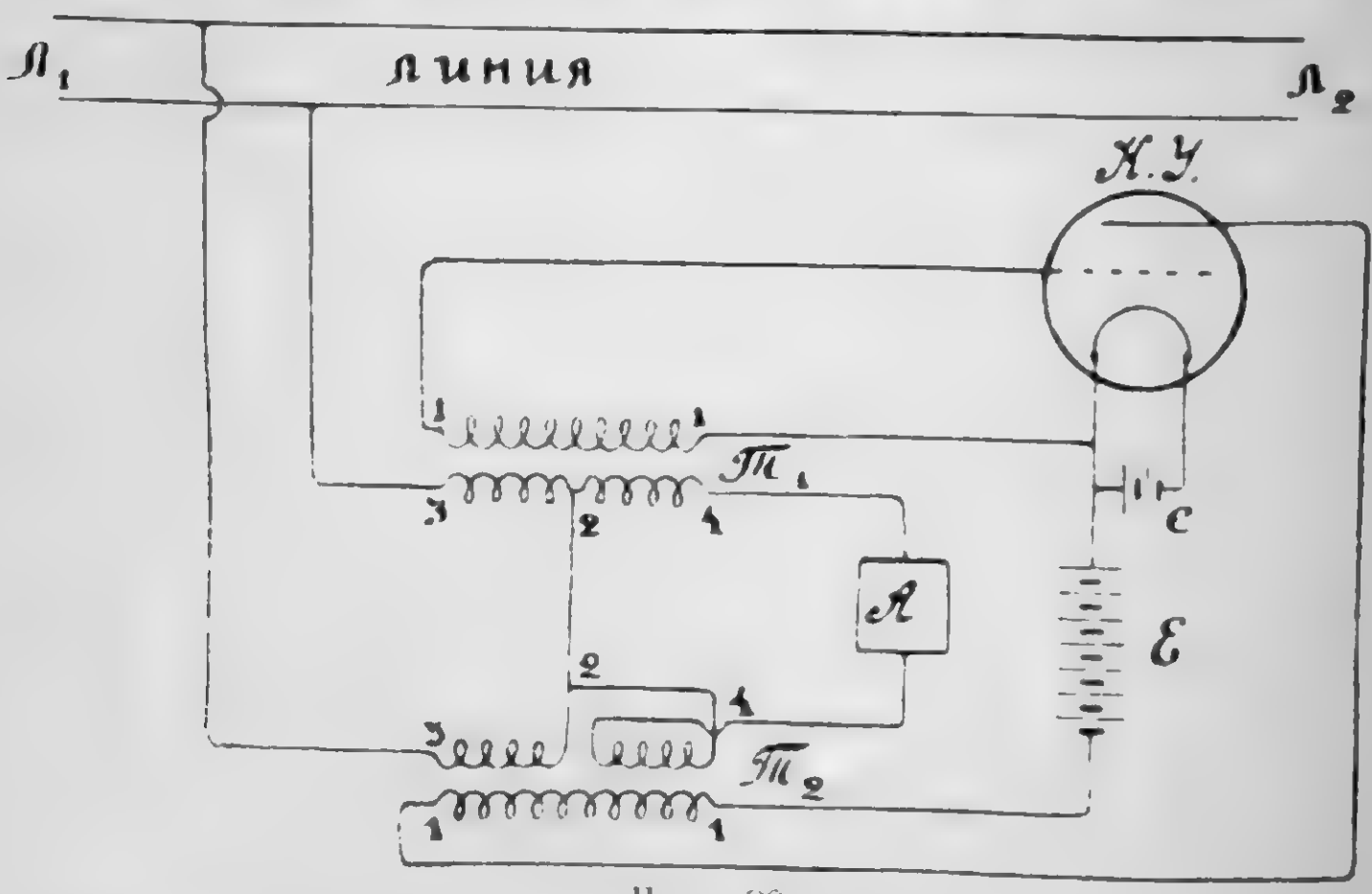
дящего токов, — то вместо искусственной линии представляется возможным воспользоваться просто реостатом, как указано на черт. 77 и 78. Уравняв действия на телефонную трубку исходящего и входящего токов и устранив, таким

образом, контраст между ними, можно усилить катодным усилителем как входящий, так и исходящий токи аппарата (черт. 79).

Схемы телефонных трансляций.

В основу телефонных трансляций может быть положена любая схема межгораппарата. Мы рассмотрим лишь трансляции, выведенные из схемы черт. 75.

Заменив дифференциальный телефон дифференциальным же трансформатором, связанным с сеткой усилителя, и



Черт. 80.

микрофонную цепь анодной цепью того же усилителя, подключая затем зажимы телефонного аппарата параллельно к линии, получим трансляцию параллельного включения с одной искусственной линией (черт. 80).

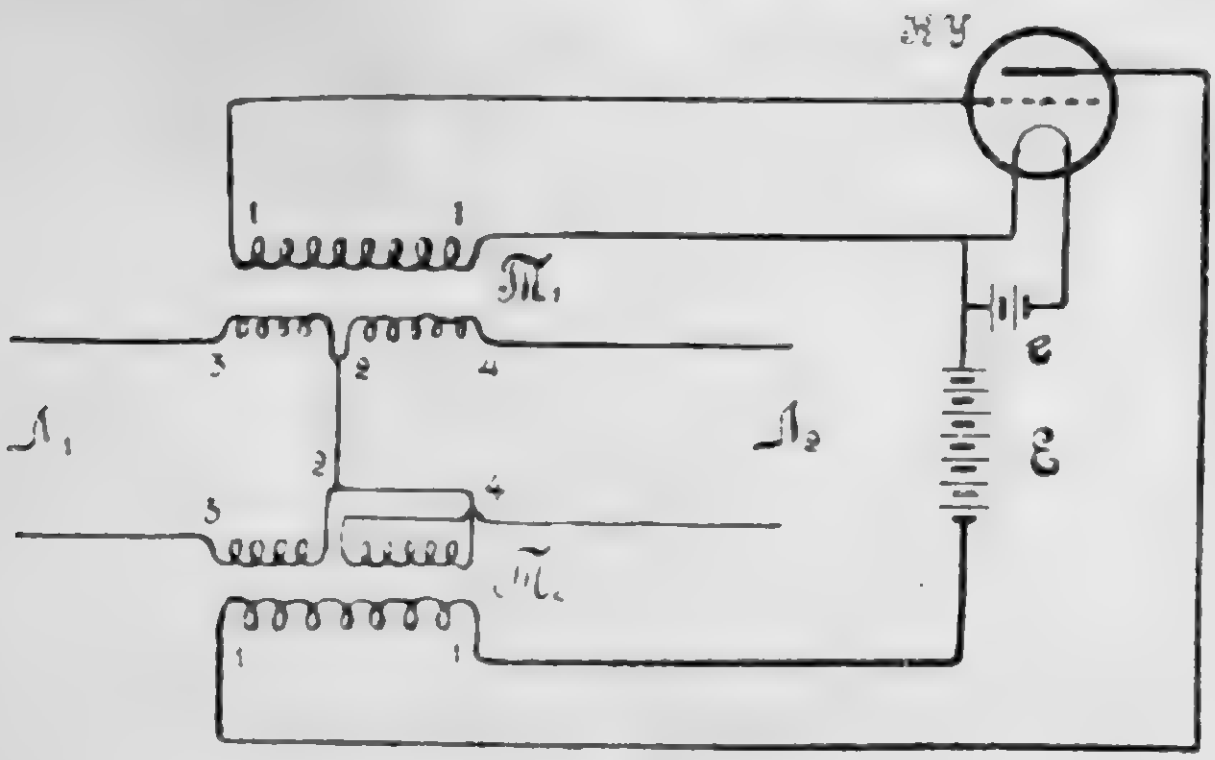
Искусственная линия А уравновешивает целиком всю естественную линию. Действие трансляции следующее. Ток, передаваемый по линии, частью попадает в трансляцию и действует через трансформатор T_1 на сетку усилителя *КУ*, вследствие чего в анодной цепи появляется усиленный ток, трансформирующий в обмотках 2 — 3 и 2 — 4 трансформатора T_2 равные электродвижущие силы. Эти электродвижущие силы создают в обмотках 2—3 и 2—4 трансформатора T_1 равные и противоположно-направленные токи, вследствие чего на сетку усилителя они действовать не могут и зуммирования не наступает.

Помещая трансляцию на середине линии, заменяя искусственную линию одним участком линии и подведя к зажимам трансляции другой участок линии, получаем трансляцию без искусственных линий (черт. 81).

Действие трансляции черт. 81 аналогично действию трансляции черт. 80.

Подобного рода трансляции уже неоднократно испытывались на русских телефонных линиях, и в настоящее время такая трансляция работает на станции Бологое на железнодорожной линии.

Взяв две трансляции типа черт. 80, соединив зажимы одной с одним участком линии, зажимы другой с дру-



Черт. 81.

гим и связывая их двумя усилителями так, как показано на черт. 82, получим трансляцию с двумя искусственными линиями.

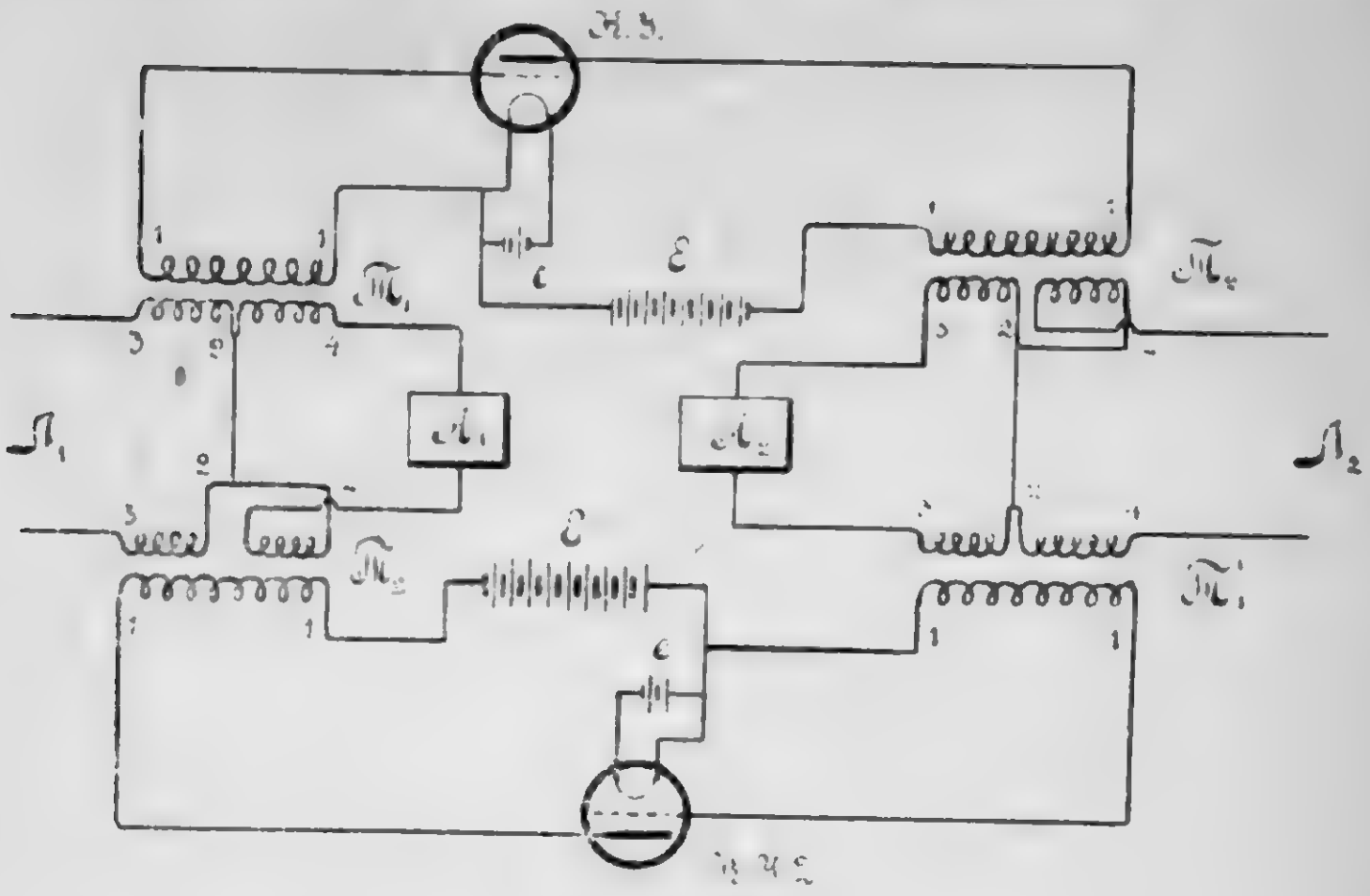
Входящий с левого участка ток через трансформатор T_1 действует на сетку усилителя *КУ1*, усиленный ток через трансформатор T_2 действует на первый участок $Л_2$ и искусственную линию $А_2$, при чем развивает равные и противоположно-направленные токи в обмотках 2 — 3, 2 — 4 трансформатора T_1, вследствие чего обратного действия и связанного с ним зуммирования не наступает.

Остановимся еще на двух возможных типах трансляций.

На черт. 83 изображена трансляция с одной искусственной линией, уравновешивающей только один участок линии.

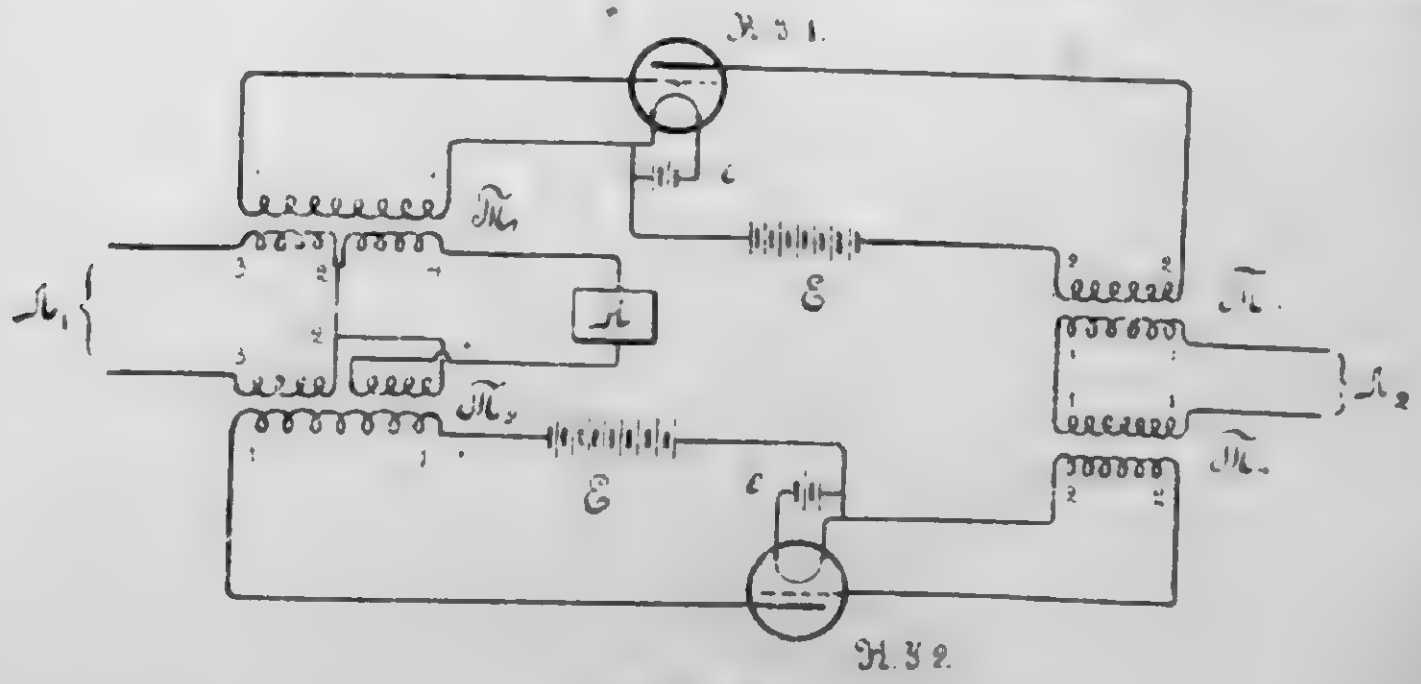
Действия трансляции при разных направлениях разговора не симметричны. При направлении справа налево ток, входящий с правого участка, действует на сетку усилителя *КУ2*; усиленный ток через трансформатор T_2 дей-

ствует на левый участок и на уравновешивающую его искусственную линию $Л_1$, при чем, в силу равенства противоположно-направленных токов в обмотках 2—3 и



Черт. 82.

2—4 трансформатора $Т_1$ обратного действия не наступает. При передаче разговора слева направо ток, входя-



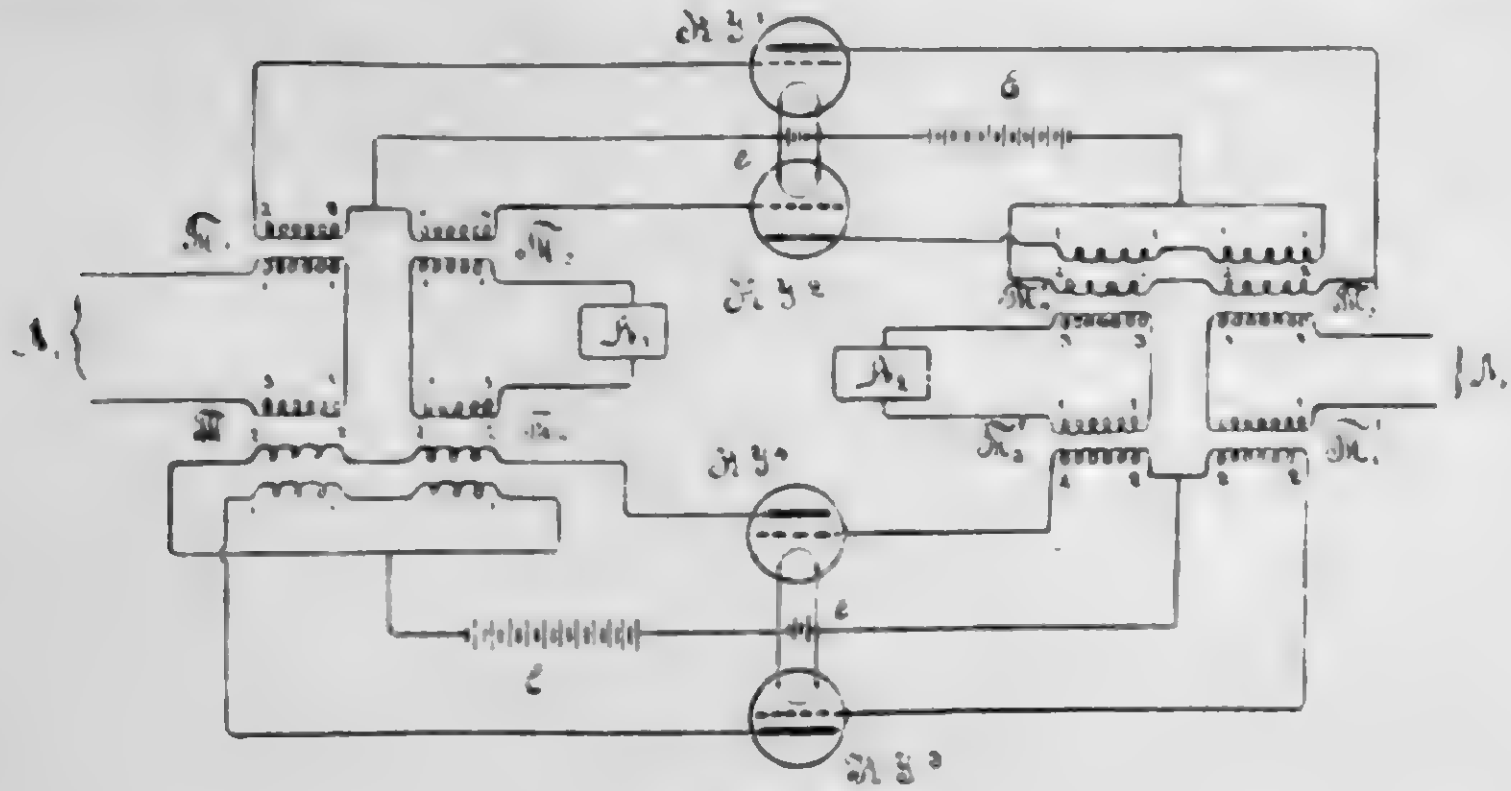
Черт. 83.

щий с левого участка, действует через трансформатор $Т_1$ на сетку усилителя *КУ1*, усиленный ток, поступая в линию $Л_2$, действует на сетку усилителя *КУ2* и, снова усилившись, посылает вторую волну как на естественную

линию $Л_1$, так и на искусственную $А_1$, при чем, вследствие равенства токов, направленных в разные стороны, в обмотках 2—3, 2—4 трансформатора $Т_1$ обратного действия не наступает. Таким образом, передача разговора слева направо сопровождается посылкой обратной волны в сторону говорящего, что не может помешать разговору.

На черт. 84 приведена схема с дифференциальными усилителями, переделанная из схемы черт. 82.

Входящий с линии $Л_1$ телефонный ток, проходя через обмотки 1—1 трансформатора $Т_1$, действует на сетку катодного усилителя *КУ1*, вследствие чего через обмотки 2—2 трансформаторов $Т'_3$ и $Т''_4$ пройдет усиленный ток. Этот усилен-



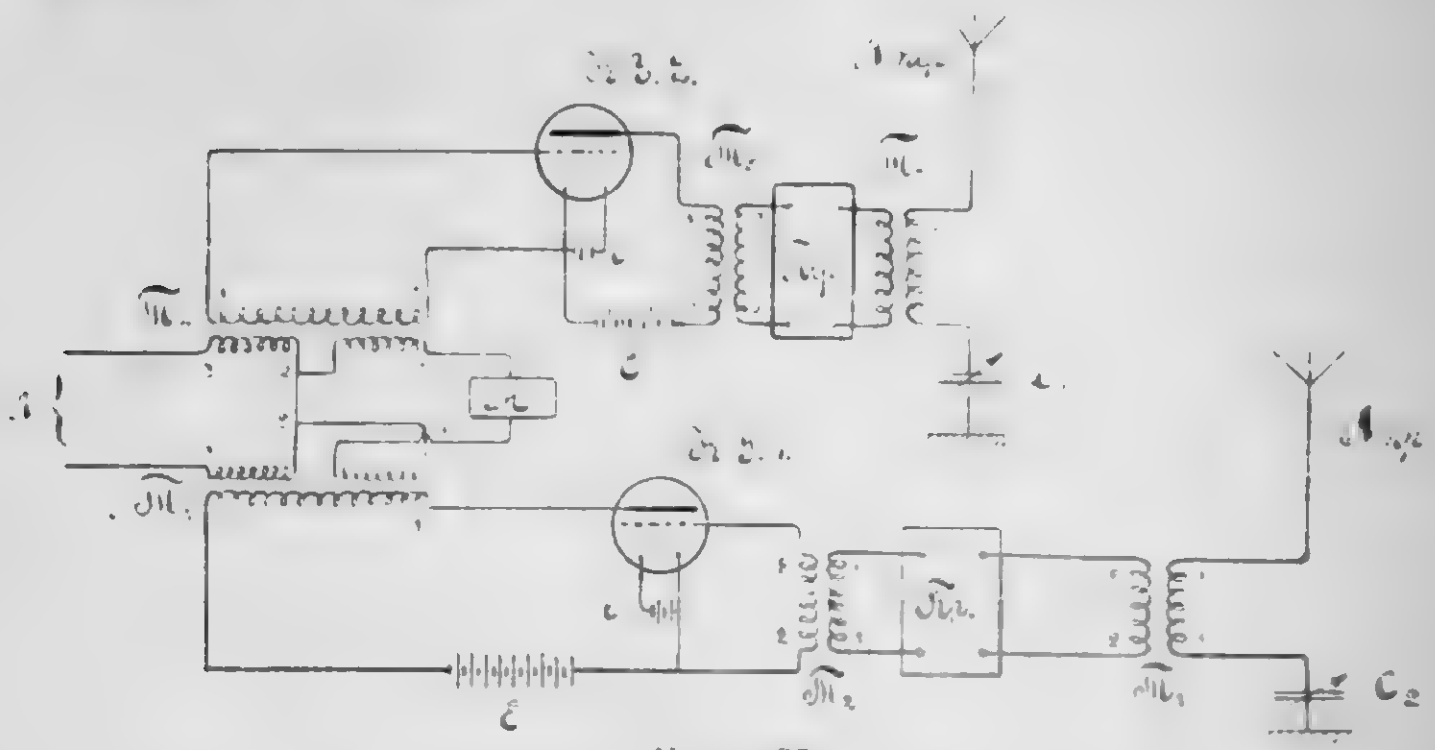
Черт. 84.

ный ток индуктирует токи как в линии $Л_2$, так и в искусственной линии $А_2$. Усиленные токи, проходя через линии $Л_2$ и $А_2$, действуют через трансформаторы $Т'_1$ и $Т'_2$ на сетки усилителей *КУ3* и *КУ4*, вследствие чего в анодных цепях этих усилителей появятся соответствующие токи. Но так как эти токи проходят через обмотки 1—1 и 2—2 трансформаторов $Т_3$ и $Т_4$ в противоположных направлениях, то влияние их на линии $Л_2$ и $А_2$ взаимно уничтожается.— обратного действия и связанного с ним зуммирования не происходит. Таким же путем передается и разговор справа налево. Мы видим, таким образом, что одна лампа дифференциального усилителя служит для усиления входящего тока, другая—для тушения зуммирования.

Сравнительный анализ схем трансляций черт. 82, 83 и 84 показывает, что наиболее устойчиво должна работать трансляция черт. 84, затем 82 и, наконец, 83. На практике привились трансляции типа черт. 82.

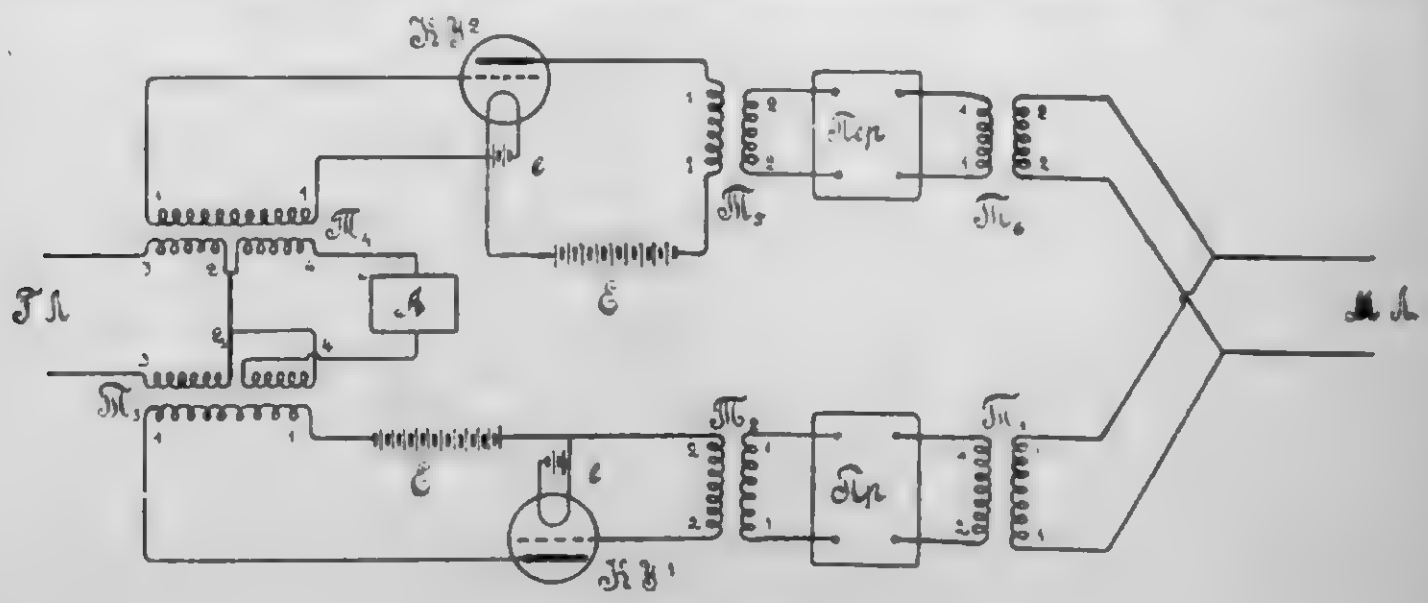
Переход с проволочного телефонирования к беспроволочному и обратно.

Телефонные трансляции получают большое применение не только в области чисто проводного телефонирования, но и при переходе с проволочного телефонирования к беспроволочному и обратно.



Черт. 85.

На черт. 85 приведена схема такого перехода. Антенна *Апер* служит для передачи и антенна *Апр* для приема разговора. При приеме электро-магнитные волны, несущие



Черт. 86.

разговор, через антенну *Апр* действуют на приемник *Пр.*, где и преобразовываются в телефонный ток. Этот телефонный ток, усиленный усилителем *КУ1*, поступает через трансформатор T_3 как в естественную линию *Л*, так и в искусственную *А*. Вследствие равенства этих токов и

обратного направления их в обмотках 2 — 3 и 3 — 4 трансформатора T_4, влияния их на сетку усилителя *КУ2* не будет, не будет и обратного действия. При обратном направлении разговора ток, входящий с линии *Л*, действует через трансформатор T_4 на усилитель *КУ2*; усиленный действует на передатчик *Пер*, и на передающую антенну *Апер*. При разделенных антеннах, настроенных на разные длины волн, с влиянием передающей антенны *Апер* на приемную *Апр* можно не считаться.

Совершенно таким же путем осуществляется и переход от линий с обычным способом телефонирования (например, от городских) к линиям, обслуживаемым быстропеременными токами (черт. 86).

Автоматическая запись телефонных разговоров.

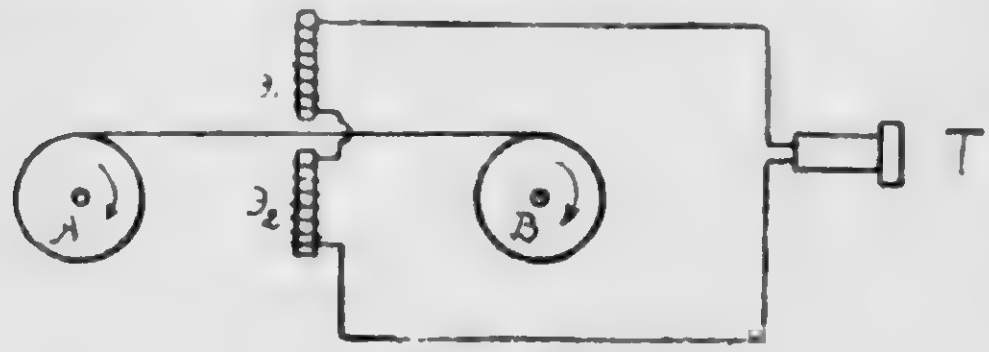
Развивая и совершенствуя методы телефонирования и раздвигая все более возможные пределы телефонных сношений, телефонная техника в то же время разрабатывает способы автоматической записи телефонных разговоров. Пересылаемая по проводу речь может быть записана или магнитным способом на стальной проволоке, или фотографическим на ленте. Способ магнитной записи речи получил уже практическое применение на железных дорогах в Америке. Если требуется передать что-либо машинисту быстродвижущегося поезда, не останавливая последнего, то записывают речь магнитным путем прямо на рельсах. На паровозе же имеется прибор, снимающий эту речь при прохождении поезда по данному месту, — телефон в рупор выкрикивает машинисту записанную на рельсах речь. С помощью того же прибора и машинист может записать с движущегося поезда на рельсах свою речь с тем, чтобы следующий за ним поезд воспринял ее.

Прибор, записывающий телефонные токи магнитным путем, носит название телефонографа и изобретен датским инженером Паульсом еще в 1900 г. Он состоит из стальной проволоки *а—б* (черт. 87), диаметром в 1 *мм*, движущейся в переменном магнитном поле электромагнитов *в — г*, по обмоткам которых проходит телефонный ток.

Когда по обмоткам электромагнитов проходит ток одного направления, то конец электромагнита *в*, обращенный к проволоке, будет намагничен южным магнетизмом *Ю*, а конец электромагнита *г*, ближайший к проволоке,—северным магнетизмом *С*. При обратном прохождении тока полюса меняются. Под влиянием разноименно намагниченных концов электромагнитов *в* и *г*, проволока в месте, находящемся между электромагнитами, намагнитится; на той стороне,

к которой обращен южный полюс электромагнита, получится северная полярность: на той стороне, к которой обращен северный полюс, — южная полярность. Так как проволока не стоит на месте, а все время перематывается с одного вала на другой, то намагничиванию подвергаются последовательно все сечения проволоки, проходящие между концами электромагнитов. Каждое сечение будет магнитом с определенной силой намагничения. Вдоль всей проволоки будет существовать магнитное поле, непрерывно меняющееся как по величине, так и по направлению. Эти изменения в величине намагничения и в направлении магнитных линий около проволоки будут в точности соответствовать как величине, так и направлению силы тока, прошедшего через обмотки электромагнитов.

Если обработанную таким образом проволоку перемотать и снова пропустить между сердечниками электромагнитов



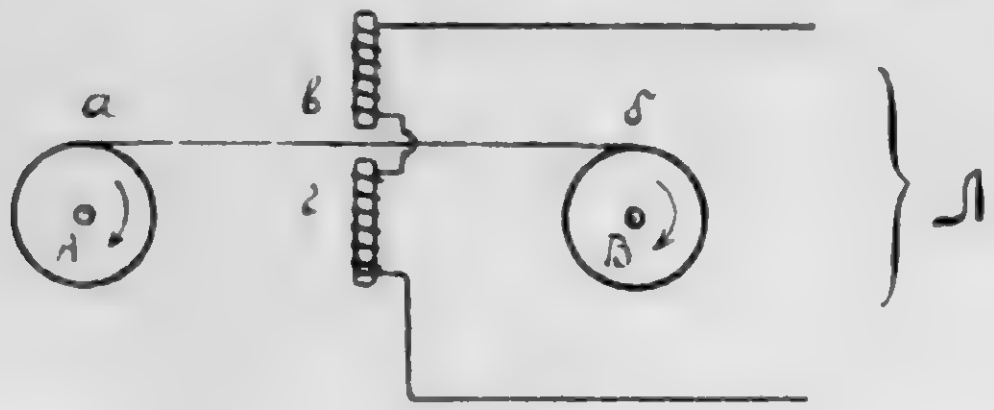
Черт. 87.

в — *г*, отключенных уже от линии и связанных с телефоном (черт. 88), следовательно, не содержащих тока, то переменное магнитное поле вдоль проволоки при ее движении между электромагнитами будет пересекать обмотки электромагнитов. Но мы знаем, что если обмотки электромагнитов пересекают магнитные линии переменного магнитного поля, то в обмотках возникает переменная электродвижущая сила, меняющаяся по силе и направлению как раз так, как меняется и магнитное поле. Так как магнитное поле вдоль проволоки меняется соответственно ранее проходящему через обмотки электромагнитов телефонному току, то и теперь в цепи электромагнитов *в* — *г* и телефона *T* (черт. 88) возникает такой же переменный телефонный ток, который заставит телефон *T* повторить всю записанную таким магнитным способом речь.

Если требуется уничтожить сделанную на проволоке запись, то через обмотки электромагнитов *в* — *г* пропускается сравнительно сильный постоянный ток, который равномерно по всей длине проволоки намагнитит ее и сотрет все неровности предыдущего намагничения.

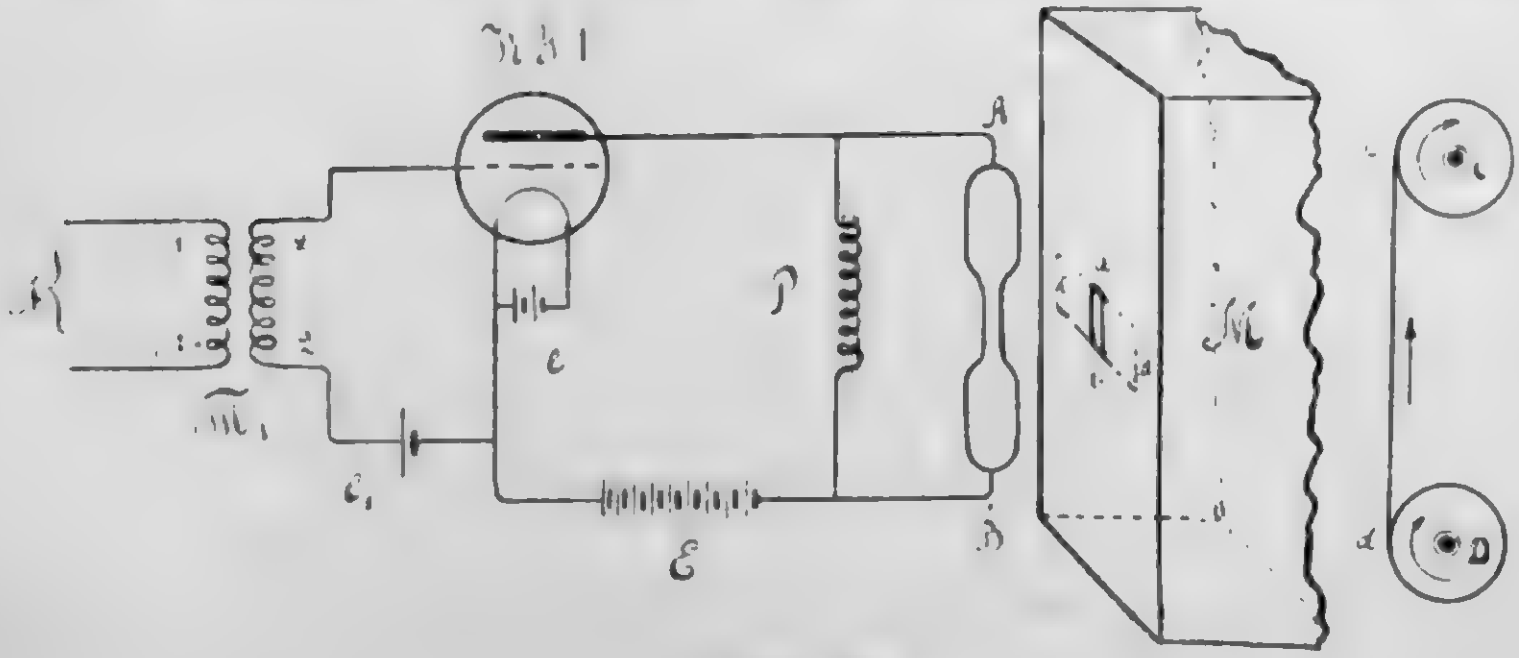
Записанная таким способом речь долго не сохраняется на проволоке, следовательно, не может служить документом

на продолжительное время. Желая получить меняющуюся во времени запись, мы должны от магнитной записи перейти к фотографии звуков (к фотосонографу). На черт. 89 приведена схема фотосонографа. Телефонный ток через трансформатор T_1 действует на сетку катодного усилителя, в анодную цепь которого включена реактивная катушка (ка-



Черт. 88.

тушка с большой самоиндукцией) и, параллельно ей, Гейслерова трубка AB. С изменением под влиянием телефонного тока катодного потока в лампе, Гейслерова трубка будет находиться под переменным напряжением, вследствие чего сделается переменной и сила свечения ее. Сила света

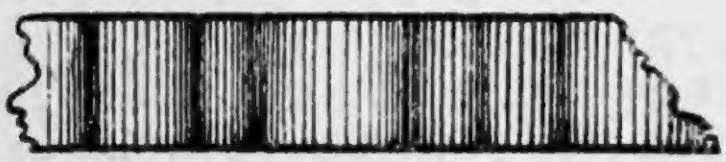


Черт. 89.

Гейслеровой трубки будет меняться совершенно так же, как меняется телефонный ток, действующий на сетку усилителя. Узкая часть Гейслеровой трубки закрывает узкую щель *ав* в передней стенке ящика *М*, внутри которого с валика *Д* перематывается фотографическая лента *дс* на валик *С* (на передней стенке ящика пунктиром показано положение ленты *дс* по отношению к щели *ав*). Меняющийся по силе узкий луч света, проходящий через щель и падающий поперек фотографической ленты, химически более или менее интенсивно действует на нее. Так как сила свечения трубки будет находиться в полном соответствии с силой телефон-

ного тока, то на фотографической ленте получаются чередующиеся, более или менее затемненные полосы (черт. 90), причем эти чередования темных и светлых полос, более или менее затемненных, будут точно соответствовать изменению телефонного тока, а следовательно, и звуковых волн у микрофона. Таким же путем может быть автоматизирована работа стенографистки. Речь оратора может быть этим путем прямо сфотографирована.

Проявляя ленту и получив запись речи, мы должны ее воспроизвести. Для этой цели необходимо воспользоваться так называемым фотоэлементом, то-есть, прибором, который меняет свое электрическое сопротивление под влиянием действующего на него света. От какого-либо сильного источника света *Л* (черт. 91) направим пучок света через ленту *ч* в щель ящика *MN* и на движущуюся ленту *дс* с записью речи. Так как по длине ленты непрерывно чередуются более или менее затемненные полосы, то сила света, проходящего через ленту, будет меняться,—затемненные части ленты пропустят меньше света, чем прозрачные части. Следовательно, сила проходящего через ленту пучка света будет меняться в соответствии с изменением звуковых колебаний, произнесенных ранее у микрофона. А так как этот пучок света падает на фотоэлемент *ф*, то сопротивление фотоэлемента будет меняться в том же соответствии. В цепь фотоэлемента включена батарея *E* и телефон *T*. Вследствие изменения сопротивления фотоэлемента, ток в цепи телефона начнет меняться, и телефон воспроизведет записанную на ленте речь. Чтобы усилить телефонный ток в цепи телефона *T*, необходимо в эту цепь ввести катодный усилитель *КУ*.

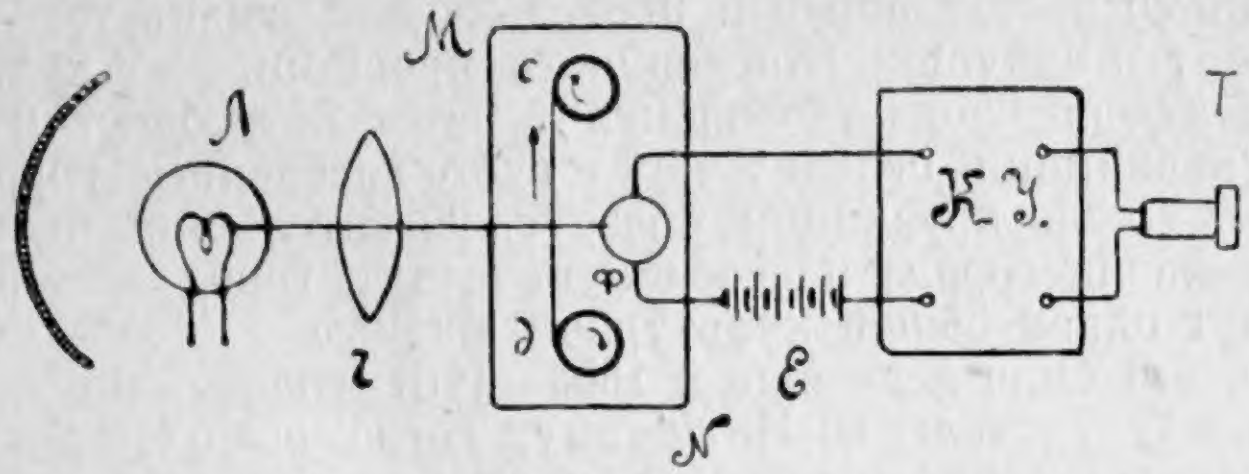


Черт. 90.

Скородействующая телефония.

Возможность удобной записи телефонной речи ставит новую задачу, способствующую наиболее полному использованию телефонных линий. При передаче, например, агентских телефонограмм приходится часами занимать провод. Те же телефонограммы могут быть переданы более удобным и скорым способом. Все они заранее записываются на фильмах; на междугородной же телефонной станции эти обработанные уже фильмы пропускаются через приемник, приведенный на черт. 91, в котором телефонная трубка *T* заменена междугородной линией. Скорость, с которой при этом пропускается фильма, настолько велика, что во включенном непосредственно в линию телефонном аппарате передавае-

мая на линию речь будет сливаться. Входящий на приемном конце ток записывается приемником, приведенным на черт. 89, при чем фотографическая лента в нем должна двигаться примерно во столько же раз быстрее нормального, как и в передающем на другом конце линии приборе. Валик с записью посылается по месту назначения. Пропуская на месте тот же валик, но уже с нормальной скоростью, через приемник (черт. 91), мы отчетливо будем слышать



Черт. 91.

записанную на валике речь. Помимо громадной скорости передачи речи таким способом, мы имеем еще следующие плюсы: невозможность непосредственного подслушивания передаваемых известий, значительное ослабление вредного влияния на передаваемую речь индукции соседних линий и возможность одновременного телефонирования на той же линии обычным путем. В будущем описанный способ быстродействующего телефонирования может сделаться опасным конкурентом быстродействующей телеграфии.

Большое культурное значение может сыграть запись телефонного тока в связи с громкоговорящими телефонами. Речь известного оратора, лекция ученого, выдающееся музыкальное произведение могут быть сфотографированы, переданы в провинцию и воспроизведены перед большими аудиториями. Еще большее значение может иметь сочетание фотографии звука, громкоговорящего телефона и кинематографа. Задача говорящего кинематографа облегчается еще тем обстоятельством, что фотография звуков и фотография явлений (игры артистов, картины природы и т. д.) могут быть воспроизведены на одной и той же фильме. Мы будем видеть полотно кинематографа с живыми, разговаривающими людьми; мы будем видеть на полотне и слышать любимого оратора, ученого, артиста.

Электрическая телескопия.

Дальнейший шаг по пути развития методов электросвязи—это передача по проводам и без проводов сложных фотографических снимков и электрическая телескопия, т. е.

возможность видеть электрическим путем по проводам и без проводов. Задача передачи фотографических снимков по проводам в настоящее время уже вполне решена, задача по электрической телескопии близка к разрешению. Окончательное решение и этой задачи явится разрешением целей телесвязи; а окончательная цель телесвязи—это победа над пространством, нас разделяющим, и временем, необходимым на установление нормальных сношений между нами. Правильно поставленная и проведенная в жизнь телесвязь устранит в будущем оторванность провинции от культурных центров; удовлетворяя культурным потребностям граждан провинции, ослабит тягу в густо населенные города и сделает жизнь провинции более содержательной; противоречия жизни города и деревни исчезнут, город и деревня заживут одной общей культурной жизнью.

Все это было ясно еще в 1905—1907 годах нашему гениальному учителю В. И. Ленину, когда он в Петербургском Электротехническом Институте высказывался о техниках связи, как об особенно ценной для грядущего социального строя культурной силе, как о творцах наиболее полной спайки деревни и города, носителях городской культуры в деревню, как о ферменте, особенно способствующем культурному и промышленному развитию страны.

С.С.С.Р.
ИНСТИТУТ
К. Маркса и Ф. Энгельса
Ц. И К.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Введение 5
Телефонная трубка 9
Громкоговорящие телефоны 20
Использование постоянного магнитного потока в разных типах телефона 23
Электромагнитные системы телефонов 24
Панцырный телефон 29
Мембрана телефона 33
Способ сравнения телефонов 35
Исследование гласных 38
Телефонирование быстропеременными токами 41
Многократное телефонирование 45
Катодные лампы в качестве усилителей, выпрямителей и генераторов незатухающих колебаний 49
Включение микрофона в генератор колебаний при телефонировании быстропеременными токами 66
Схема телефонного аппарата при телефонировании быстропеременными токами 68
Телефонные трансляции 70
Схемы межгораппаратов 73
Схемы телефонных трансляций 76
Переход с проволочного телефонирования к беспроволочному и обратно 80
Автоматическая запись телефонных разговоров 81
Скородействующая телефония 84
Электрическая телескопия 85